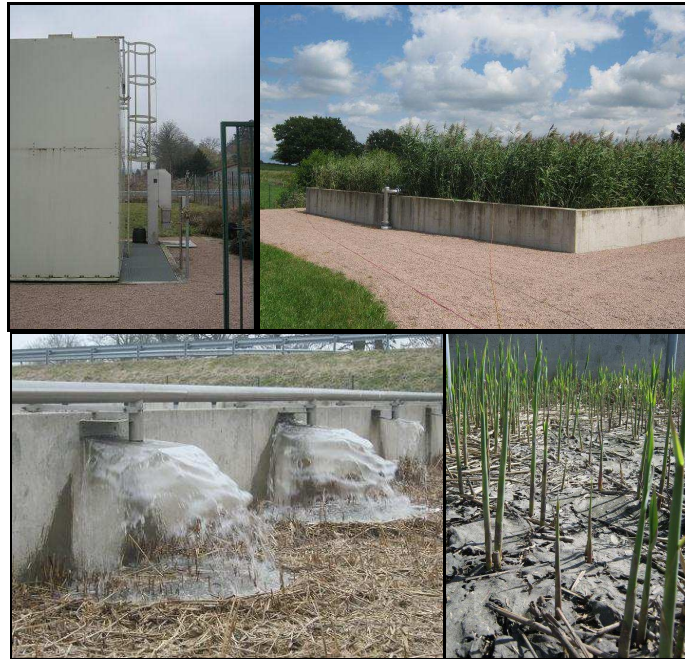


Partenariat 2012 – **Domaine : Ecotechnologie et Pollution**  
**Action 50 : Performance des systèmes d'assainissement collectif**  
**Sous-action 3 : Conception et exploitation des stations des petites et moyennes collectivités (EPNAC)**

# Synthèse sur le procédé Rhizopur (Lyonnaise-des-Eaux)



## **Rapport final**

Stéphanie PROST-BOUCLE (Irstea)  
Pascal MOLLE (Irstea)

Décembre 2013

## Contexte de programmation et de réalisation

---

Dans le cadre du groupe EPNAC ([www.epnac.irstea.fr](http://www.epnac.irstea.fr)), visant à mutualiser les retours d'expériences sur les procédés nouveaux d'assainissement, le procédé Rhizopur de la société Lyonnaise des Eaux a été identifié comme suffisamment développé pour pouvoir acquérir un retour d'expérience sur son fonctionnement. Un atelier a donc été créé en 2010 pour fournir un retour sur ce procédé, composé de plusieurs personnes membres du groupe EPNAC.

Le travail a consisté à :

- Discuter avec le constructeur des bases de dimensionnement de leur procédé et du retour d'expérience constructeur,
- Sélectionner une liste de stations à charge convenable pour réaliser un suivi,
- Rédiger un protocole commun de suivi expérimental,
- Réaliser des bilans 24 h sur les stations sélectionnées (SATESE et Irstea),
- Exploiter et synthétiser les données récoltées,
- Discuter des résultats avec le constructeur avant diffusion.

Ce document est la synthèse des suivis réalisés pendant les 2 ans d'étude. Il présente un premier retour d'expérience, sur une filière encore relativement jeune, et sera donc amené à évoluer dans le temps suivant les connaissances ultérieures.

Même si la rédaction de ce document est essentiellement portée par Pascal Molle et Stéphanie Prost-Boucle (Irstea), cette étude a fait l'objet d'une participation des membres de l'atelier EPNAC et de l'ensemble des SATESE : elle n'aurait vu le jour sans la contribution de tous.

## Les auteurs

---

### **Stéphanie Prost-Boucle**

*Ingénieure d'Etudes*

*Email : [stephanie.prost-boucle@irstea.fr](mailto:stephanie.prost-boucle@irstea.fr)*

*Irstea Lyon*

### **Pascal Molle**

*Ingénieur Traitement des eaux usées*

*Email : [pascal.molle@irstea.fr](mailto:pascal.molle@irstea.fr)*

*Irstea Lyon*

## Les correspondants

---

Onema : **Céline Lacour**, Direction de l'Action Scientifique et Technique, [celine.lacour@onema.fr](mailto:celine.lacour@onema.fr)

Irstea : **Pascal Molle**, Centre de Lyon, [pascal.molle@irstea.fr](mailto:pascal.molle@irstea.fr)

<b>Droits d'usage :</b>	<i>Accès libre</i>
<b>Couverture géographique :</b>	<i>National</i>
<b>Niveau géographique :</b>	<i>National</i>
<b>Niveau de lecture :</b>	<i>Professionnels, décideurs</i>
<b>Nature de la ressource :</b>	<i>Rapport final</i>

### Liste des personnes membres de l'atelier EPNAC

Nom - Prénom	Organisme
TROUCHE Anne	AE AG
DI MARE Jocelyne	AE AG
LAGARRIGUE Céline	AE RMC
MENET Anthony	SATESE 89
CHARTIER Aurélien	SATESE 06
BONNET Christophe	SATESE 48
ALAPHILIPPE Guy	SATESE 64
FOURNERET Guy	SATESE 63
CONSCIENCE Hélène	SATESE 12
PACOREL Hervé	SATESE 71
JAUFFRED Lucie	SATESE 06
PARMENTIER Nicolas	SATESE 07/26
GERVASI Claudia	Irstea
MOLLE Pascal	Irstea
PROST-BOUCLE Stéphanie	Irstea

**Synthèse sur le procédé Rhizopur (Lyonnaise des Eaux)  
Rapport final**

**S. Prost-Boucle – P. Molle**

**Sommaire**

RESUME .....	6
ABSTRACT .....	7
CORPS DU DOCUMENT .....	8
I. DONNEES CONSTRUCTEUR - DIMENSIONNEMENT .....	8
I.1. Principe général.....	8
I.2. Données de dimensionnement .....	9
I.3. Parc de stations .....	10
II. TRAITEMENT DES DONNEES.....	11
III. PERFORMANCES GLOBALES .....	13
III.1. Rendements .....	13
III.2. Concentrations.....	15
III.3. Traitement de l'azote .....	17
III.4. Traitement du phosphore.....	19
IV. PERFORMANCES DU LIT BACTERIEN .....	21
IV.1. Dimensionnement du LB .....	21
IV.2. Performances du LB.....	21
V. PERFORMANCES DES LITS DE CLARIFICATION SECHAGE PLANTES DE ROSEAUX .....	26
V.1. Performances générales des LCSPR .....	26
V.2. Vitesses d'infiltration.....	28
V.3. Rétention des MES.....	30
V.4. Exploitation.....	33
V.5. Accumulation des boues .....	34
VI. CONSOMMATION ENERGETIQUE .....	37
VII. DIMENSIONNEMENT – CONSTRUCTION.....	39
VIII. CONCLUSIONS .....	40
ANNEXES.....	42

## Liste des figures et tableaux

### Liste des figures

Figure 1 : Schéma de principe Rhizopur fourni par le constructeur.....	8
Figure 2 : Evolution du nombre de stations Rhizopur depuis 1999 et répartition par tranches de capacités.....	10
Figure 3 : Rendements totaux (%) en fonction du taux de charge organique en entrée station (%) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station.....	13
Figure 4 : Répartition des rendements totaux en azote, avec ou sans arrêté préfectoral.....	14
Figure 5 : Rendements totaux (%) en fonction du ratio des taux de charges hydraulique/organique en entrée station (%).....	15
Figure 6 : Concentrations de sortie en fonction des concentrations d'entrée brutes (mg/L) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station.....	16
Figure 7 : Fréquences de dépassement des valeurs de concentrations limites de sortie station.....	17
Figure 8 : Concentrations de sortie en fonction des concentrations d'entrée brutes, en cas d'arrêté préfectoral sur l'azote (mgNK/L) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station.....	18
Figure 9 : Performances sur LCSPR et totales pour le NK selon la saison et l'âge de la station.....	18
Figure 10 : Rendements en DCO filtrée et NH4 du LB (%) en fonction du taux de charge organique en entrée LB (%) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station.....	23
Figure 11 : Rendements classiques du LB (%) en fonction du taux de charge organique en entrée LB (g/m <sup>2</sup> /j) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station.....	24
Figure 12 : Rendements en NH4 du LB (%) en fonction du taux de charge organique en DGO en entrée LB (%) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station.....	24
Figure 13 : Production de nitrates selon les charges appliquées sur le LB en NK et en DCO.....	25
Figure 14 : Rendements des LCSPR (%) en fonction du taux de charge organique en entrée des LCSPR (g/m <sup>2</sup> /j, par paramètre) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station.....	26
Figure 15 : Rendements des LCSPR (%) en fonction de la charge hydraulique appliquée aux LCSPR (m/j, par paramètre) pour différentes gammes de concentrations d'entrée des LCSPR.....	28
Figure 16 : Evolution typique de la hauteur d'eau sur le filtre suite à l'envoi d'une bâchée sur LCSPR.....	28
Figure 17 : Evolution des teneurs en oxygène au sein des LCSPR en avril et août 2011, sur un filtre en fonctionnement.....	29
Figure 18 : Evolution des teneurs en MES en continu en sortie de LCSPR de La Pacaudière (42) en avril 2011, sur 2 bilans 24h consécutifs.....	31
Figure 19 : Analyse des MES de sortie LCSPR de La Pacaudière (42) en avril 2011, au granulomètre laser.....	31
Figure 20 : Teneur en MES de sortie selon l'âge de la station et la hauteur de boues sur les LCSPR.....	32
Figure 21 : Rendement des LCSPR (%) en fonction du nombre de jours d'alimentation du lit.....	33
Figure 22 : Rendement des LCSPR (%) en fonction de la lame d'eau apportée par bâchée (cm/j).....	34
Figure 23 : Hauteur de boues depuis le point d'alimentation en avril 2011, sur un filtre en fonctionnement.....	34
Figure 24 : Hauteurs de boues sur différentes stations, selon la charge moyenne en MES reçue.....	35
Figure 25 : Photo de boues prélevées et homogénéisées sur la station de La Pacaudière (42) en août 2011 (photo Irstea).....	36
Figure 26 : Consommation électrique selon le ratio de taux de charge hydraulique et organique en entrée station.....	37
Figure 27 : Consommation électrique selon le taux de charge hydraulique entrée station.....	37

### Liste des tableaux

Tableau 1 : Données de dimensionnement constructeur du LB et des LCSPR.....	9
Tableau 2 : Stations Rhizopur concernées par l'étude.....	11
Tableau 3 : Rendements totaux.....	13
Tableau 4 : Concentrations en entrée et sortie de station.....	15
Tableau 5 : Performances sur LCSPR et totales pour le NK selon la saison.....	18
Tableau 6 : Rendements totaux et concentrations en entrée et sortie station, pour le phosphore total (Pt).....	19
Tableau 7 : Rendements du LB.....	21
Tableau 8 : Concentrations en entrée et sortie du LB.....	22
Tableau 9 : Rendements des LCSPR.....	27
Tableau 10 : Concentrations en entrée et sortie de LCSPR.....	27
Tableau 11 : Vitesses d'infiltration moyenne au sein d'une bâchée sur LCSPR.....	29
Tableau 12 : Détails des conditions de dépassements observés en MES en sortie de certaines stations.....	32
Tableau 13 : Accumulation des boues sur différentes stations.....	35
Tableau 14 : Consommation électrique.....	38

**Synthèse sur le procédé Rhizopur (Lyonnaise des Eaux)  
Rapport final**

**S. Prost-Boucle – P. Molle**

**Résumé**

Le procédé Rhizopur® développé par la société Lyonnaise-des-Eaux repose sur un prétraitement par dégrillage fin suivi d'un traitement par lit bactérien (LB) et d'un étage de lits de clarification-séchage plantés de roseaux (LCSPR). Le LB constitue le traitement principal (partie dissoute de l'effluent, et nitrification). La rétention des MES est le rôle principal attribué aux LCSPR par le constructeur (stockage et minéralisation). Le procédé est relativement récent (63 stations, depuis 2000) et cette synthèse a consisté en l'étude de 139 bilans 24h, dont 33 avec prélèvements intermédiaires, issus de 34 stations.

Le procédé est globalement performant : 85 % en DCO (écart-type : 12), 94 % en DBO5 (e-t : 8) et 90 % en MES (e-t. : 16). Les performances de nitrification varient selon les objectifs de rejet, mais dans tous les cas elle n'est pas négligeable (> 70 %). On ne note que quelques dépassements du niveau de sortie (< 3 % des données en DCO et DBO5 et 7 % des MES). En cas d'arrêté préfectoral imposé sur le paramètre NK (nitrification), on ne relève que de rares dépassements des seuils de rejets en hiver ou en cas de surcharges organiques (fortes concentrations d'entrée brute), mais sans lien mis en évidence avec la saison, l'âge de la station, les charges reçues, la hauteur de boues sur les LCSPR, etc.

Lorsque qu'un module de déphosphatation est implanté, l'élimination du P semble efficace. Sans que cela soit attribué au procédé en lui-même, on notera que la gestion de la déphosphatation est souvent délicate pour les petites collectivités, (FeCl<sub>3</sub> non rechargé, dosage insuffisant...), pouvant générer des dépassements du niveau de rejet.

Le LB présente de bonnes performances: 65 % de rendement sur la DCO dissoute (écart-type : 24), 79 % sur la DBO5 (e-t. : 19). En termes de nitrification, les rendements sont de 68 % avec ou sans arrêté préfectoral.

Les compléments de traitement sur les paramètres DCObrute, DBO5 et NK apportés par les LCSPR sont notables (rendements ≥ 60 %). La rétention des MES, rôle majeur, est correcte mais variable (rendements de 80 %, e-t. : 20), et peut ponctuellement se montrer insuffisante sur un nombre limité de stations. La nitrification étant variable sur le LB et n'étant pas négligeable sur ces lits plantés, il peut être intéressant de perfectionner la nitrification sur les LCSPR. Les pistes d'amélioration vont dans le même sens que celle de la filtration des MES avec différents moyens d'actions proposés : augmentation de la couche de sable, durée d'alimentation limitée à 3-4 jours, diminution de la lame d'eau appliquée par bâchée, etc.

**Mots clés**

Dimensionnement, lit bactérien, lits de clarification-séchage plantés de roseaux, traitement des eaux usées

**Synthesis of the Rhizopur process (Lyonnaise des Eaux)  
Final Report**

**S. Prost-Boucle – P. Molle**

**Abstract**

The Rhizopur® process developed by Lyonnaise des Eaux company is based on 3 mm screening pretreatment followed by a trickling filter and a Sludge Drying Reed Beds (SDRB) playing as well a clarification step between treated wastewater and sludge. The trickling filter is the main treatment (dissolved part of the effluent, and nitrification). SS retention is the major role attributed to SDRB by the constructor (storage and mineralization). The process is relatively new (63 treatment plants since 2000) and this evaluation consisted in study 139 24h-flow-composite samples, whose 33 with intermediate sampling (each stage of treatment steps), from 34 treatment plants.

The process is globally efficient: 85% of COD retention (SD: 12), 94% of BOD5 (SD: 8) and 90% of SS (SD: 16). Nitrification performance varies in accordance with outlet limit requirements, but in all cases it is not negligible (> 70%). Only a few outlet samples higher than the targeted requirement are noted (< 3% for COD and BOD5 data and 7% for SS). In case of specific nitrification requirements, rare sample are above the target during the winter season or in the case of organic overload (high inlet concentrations), without any clear link with season, the age of the treatment plant, the loads received, nor the height of sludge deposit on SDRB.

When a chemical phosphorus removal module is implanted, P removal appears to be effective. It has to be noted that the chemical phosphorus removal management is often difficult for small communities (FeCl<sub>3</sub> not reloaded, insufficient dosage...) and can generate too high P outlet concentrations.

The trickling filter has good performance: 65% dissolved COD removal efficiency (SD: 24), 79% for BOD5 (SD: 19). In terms of nitrification, yields are of 68% with or without specific requirements.

Additional treatment contribution of SDRB on COD, BOD5 and KN parameters is significant (removal performances ≥ 60%). SS retention, which is the major role of SDRB, is correct but variable (80% removal rate, SD: 20) and can be occasionally insufficient on a limited number of treatment plants. Nitrification being variable on the trickling filters and not negligible on reed beds, it may be useful to improve the nitrification on SDRB. Concurrently ways for nitrification and SS removal improvement are proposed as increasing the sand layer depth and adapt the feeding strategy (feeding period limited to 3-4 days, reduced water level applied by batch).

**Keywords**

Design, trickling filter, constructed wetlands, wastewater treatment.

## Synthèse du procédé Rhizopur (Lyonnaise des Eaux) Rapport final

S. Prost-Boucle – P. Molle

### Corps du document

## I. DONNEES CONSTRUCTEUR - DIMENSIONNEMENT

### I.1. Principe général

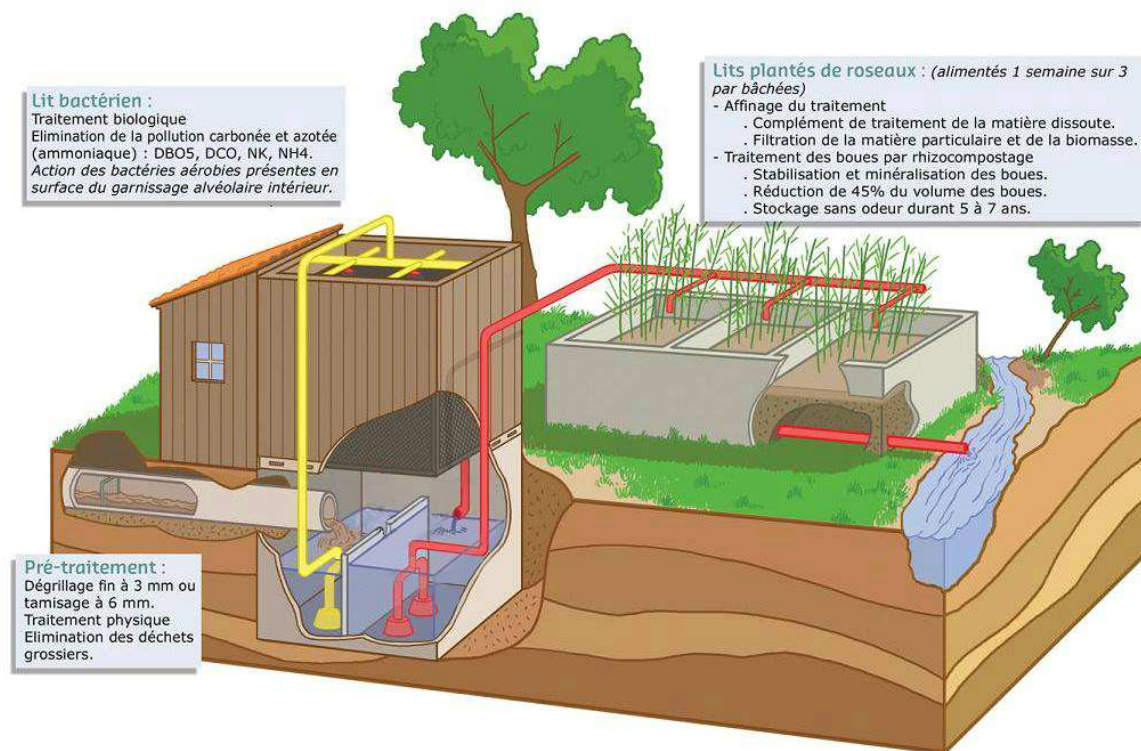


Figure 1 : Schéma de principe Rhizopur fourni par le constructeur

Le principe repose sur un prétraitement par dégrillage fin suivi d'un traitement par lit bactérien (LB) et d'un étage de lits de clarification-séchage plantés de roseaux (LCSPR). Le lit bactérien constitue le traitement principal, avec pour objectif le traitement de la partie dissoute de l'effluent brut dégrillé dont la nitrification. Le rôle des LCSPR est la rétention des MES, leur stockage et leur minéralisation sur le long terme (5 à 7 ans).



## I.2. Données de dimensionnement

<b>Lit bactérien</b>	
Alimentation	Asperseurs sur rampe fixe Vitesse de rotation élevée, 7-10 tours/min → décrocher la biomasse tout en permettant une nitrification maximale Alimentation continue, recirculation 24h/24
Hauteur / Surface	2.66 à 4 m, support plastique en nid d'abeille (Crosspack 22, surface spécifique 165 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ) 0.04 à 0.15 m <sup>3</sup> /EH
Aspect esthétique	Structure de résine polyester ou béton non enterrée, avec habillage bois sur demande des maitres d'ouvrages
Charges nominales	Hydraulique : 2.5 m/h de surface horizontale (débit de pompe) Organique : < 4 g DBO <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> de garnissage /j et 4 gDCO <sub>filtrée</sub> /m <sup>2</sup> de garnissage/j soit < 0.7 kg DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> /j et 0.7 kgDCO <sub>filtrée</sub> /m <sup>3</sup> /j
<b>LCSPR</b>	
Nombre de lits (1 pompe /lit)	3 (lits alimentés 1 par 1) ou 4 (lits alimentés 2 à 2)
Hauteur de matériaux	80 cm (5 cm sable, 60 cm graviers, 15 cm couche drainante) Les matériaux filtrants sont siliceux, roulés et lavés
Surface spécifique	0.5 m <sup>2</sup> /EH (0.3 à 0.7 m <sup>2</sup> /EH)
Rotation des lits	3 lits : 1 semaine d'alimentation / 2 semaines de repos 4 lits : 1 semaine d'alimentation / 1 semaine de repos
Alimentation	Points d'alimentation en bord de lit, 1 point d'alim./20 m <sup>2</sup> Alimentation par bâchées
Débit surfacique	0.5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Charges nominales	Hydraulique : 0.8 m/j (temps sec), 1.2 m/j (temps de pluie) MES : 150 g/m <sup>2</sup> /j
Construction des lits	Construction en béton Les filtres sont séparés sur toute la hauteur du massif

Tableau 1 : Données de dimensionnement constructeur du LB et des LCSPR

En cas de déphosphatation physicochimique, l'injection de chlorure ferrique a lieu dans la bache d'alimentation des LCSPR : injection de FeCl<sub>3</sub> → mélange → envoi de la bache sur LCSPR.

Chaque station est adaptée à l'objectif de traitement qui lui est associé : le dimensionnement Rhizopur pour un traitement plus poussé de l'azote (nitrification : garanties en NK de 15, 20 ou 40 mg/L) comprend une augmentation du volume du lit bactérien (LB) (information non détaillée).

L'analyse des résultats qui font l'objet de ce rapport doit être relativisée au regard de l'évolution du dimensionnement du constructeur dans le temps. Depuis les premières réalisations, une augmentation du volume du lit bactérien (information non détaillée), et admission de 0,8 m/j au lieu de 1,3 m/j sur les LCSPR ont été pris en compte. Les toutes

premières stations peuvent donc présenter des performances moindres sur l'azote notamment.

Un module optionnel dénitrification est proposé (NGL jusqu'à 15 mg/L), mais il n'existe pas encore de réalisation industrielle à notre connaissance en 2012.

### I.3. Parc de stations

En 2012, on recense 63 stations Rhizopur en fonctionnement ou en construction (liste en Annexe 1). La première station a été mise en route en 1999 (Neuvy-Bouin, 79), le développement de ce procédé est donc relativement récent et se concentre principalement pour des petites collectivités (< 2000 EH) (Figure 2).

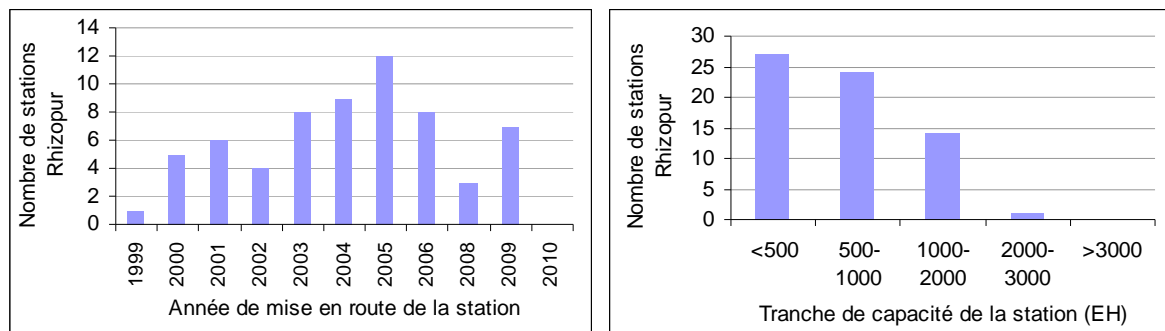


Figure 2 : Evolution du nombre de stations Rhizopur depuis 1999 et répartition par tranches de capacités

## II. TRAITEMENT DES DONNEES

La récupération des données est issue de :

- 85 bilans 24 h SATESE,
- 50 bilans 24 h constructeur/exploitant,
- 4 bilans 24 h Irstea.

Les données analysées concernent les 34 stations suivantes :

Station	Dpt	Mise en service	Capacité (EH)
Jayat	1	2009	800
St Laurent d'Olt	12	2005	800
Palmas	12	2005	450
Malain	21	2003	1000
Le Fauga	31	2004	1900
Ambierle	42	2004	870
La Pacaudière	42	2000	1000
Mezin	47	2004	1700
Goncourt	52	2002	380
Busigny-Maretz	59	2005	350
Ardes sur Couze	63	2004	800
Orsonnette	63	2003	340
St Julien de Coppel	63	2007	900
Aramits	64	2005	660
Argagnon	64	2008	500
Aydius	64	2001	250
Bidarray	64	2007	600
Larceveau	64	2001	400
Louhossoa	64	2000	450
Oloron Ste Marie - Soeix	64	2006	700
Lahontans	64	2005	450
Armendarits	64	2007	180
Chiroubles	69	2009	500
St Julien sous Montmelas	69	2010	1100
St Pe de Bigorre	65	2004	1900
Saint Colomban des Villards	73	2006	3000
Mauperthuis	77	2005	500
Neuvy-Bouin	79	2000	150
Les Forges	79	2005	1000
Bout du Pont de l'Arn	81	2008	1800
Beaumont	89	2005	700
Cheu	89	2003	600
Sacy	89	2001	400
Savigny sur Clairis	89	2000	1000

Tableau 2 : Stations Rhizopur concernées par l'étude

Il est à noter que de nombreux bilans 24 h concernent uniquement des prélèvements entrée-sortie station. Toutefois, 20 stations (soit 59 % des stations étudiées) présentent des

analyses en sortie de lit bactérien (analyses intermédiaires). Par conséquent, cette bonne proportion permet d'analyser plus en détail le rôle et les limites de chaque étage.

Certaines données ont été exclues pour l'analyse :

- Prélèvements ponctuels ;
- Bilans 24 h constructeur/exploitant incomplets (valeur de débit non fournie par ex).

Les valeurs erronées ont été transformées :

- $N-NH_4 > NK$  : les valeurs de  $N-NH_4$  et  $NK$  ont été inversées lorsque les copies des analyses permettaient de valider l'inversion, sinon elles n'ont pas été retenues ;
- Limites de quantification ( $DCO = 30 \text{ mg/L}$ ,  $DBO_5 = 3 \text{ mg/L}$ ,  $MES = 2 \text{ mg/L}$ ) ;
- Re-calcul systématique de la charge hydraulique nominale (valeur utilisée :  $150 \text{ L/EH}$ ), puisque la plupart des valeurs de CCTP n'étaient pas connues.

### III. PERFORMANCES GLOBALES

#### III.1. Rendements

La première analyse des résultats concerne la représentation des rendements globaux exprimés en fonction de la charge organique (en % du nominal) et pour différents taux de charge hydraulique. Cette représentation ne prend pas en compte l'impact du dimensionnement (volume de lit bactérien, surface des filtres) qui sera discuté étage par étage dans la suite du document. Elle permet en revanche une représentation globale de la filière de traitement sur un jeu de données plus important :

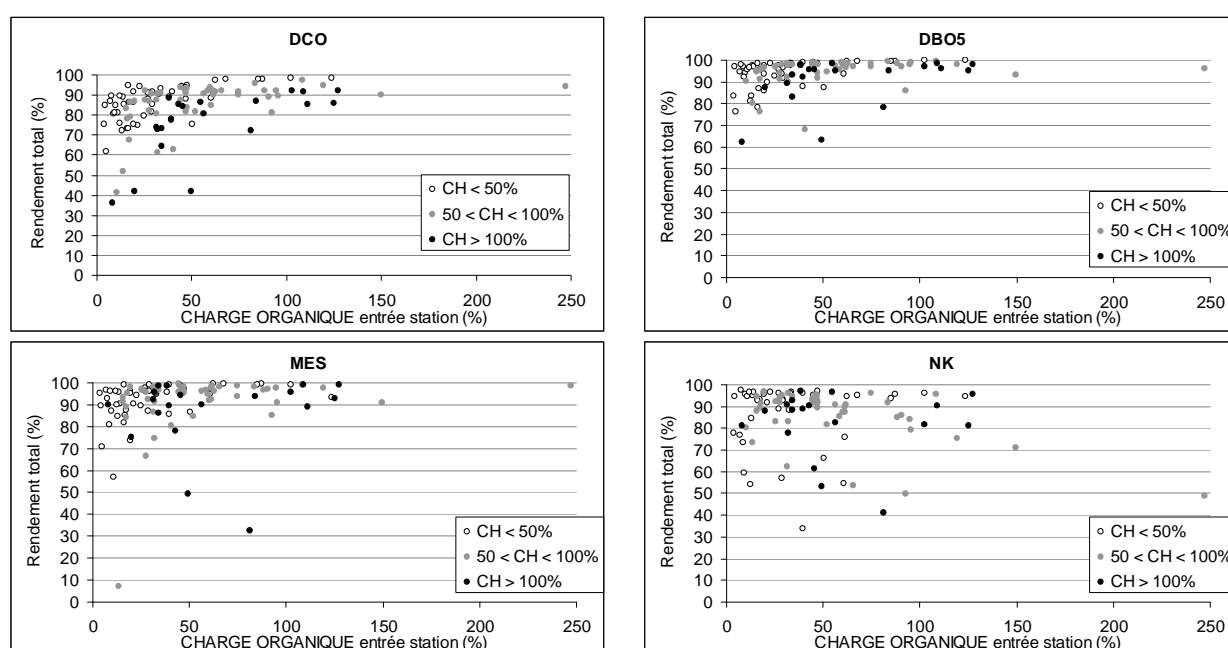


Figure 3 : Rendements totaux (%) en fonction du taux de charge organique en entrée station (%) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station

Rendements (%)				Sans AP*			Avec AP		
	DCO	DBO <sub>5</sub>	MES	N-NH <sub>4</sub>	NK	NGL	N-NH <sub>4</sub>	NK	NGL
<b>Total station</b>									
min	36	44	0	43	47	0	20	34	0
Max	99	100	100	100	97	86	100	98	95
<b>MOY</b>	<b>85</b>	<b>94</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>85</b>	<b>46</b>	<b>93</b>	<b>89</b>	<b>48</b>
Médiane	88	97	96	96	91	50	97	93	50
Ecart-type	12	8	16	13	13	26	15	12	29
Nb valeurs	123	122	123	41	61	62	37	52	52

\* AP = Arrêté préfectoral

Tableau 3 : Rendements totaux

Les rendements du système dans sa globalité sont très corrects pour les paramètres classiques DCO, DBO<sub>5</sub> et MES avec une variation qui semble diminuer avec l'augmentation de la charge organique. Concernant la nitrification, ils sont aussi généralement bons mais la variabilité des performances est plus importante. Les moyennes de rejet sur le NK et l'azote ammoniacal semblent s'améliorer lorsqu'un arrêté préfectoral concerne ce paramètre, mais les écart-types sont importants. Les éléments de la Figure 4 confirment que les performances sont légèrement améliorées pour les stations dont le dimensionnement a été adapté pour respecter un arrêté préfectoral (AP). Le nombre de valeurs à faible rendement est anecdotique. Toutefois, cela reste à relativiser au regard des différences de fonctionnement entre les stations étudiées : charges reçues lors des bilans, alternance des LCSPR, etc. Sur le paramètre NGL, les rendements ne sont effectivement pas significativement différents selon la présence ou non d'un AP.

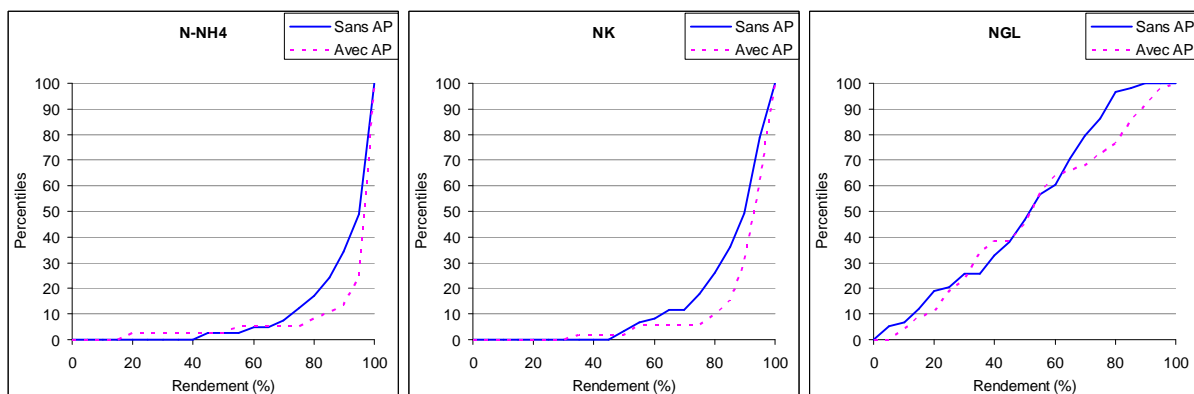
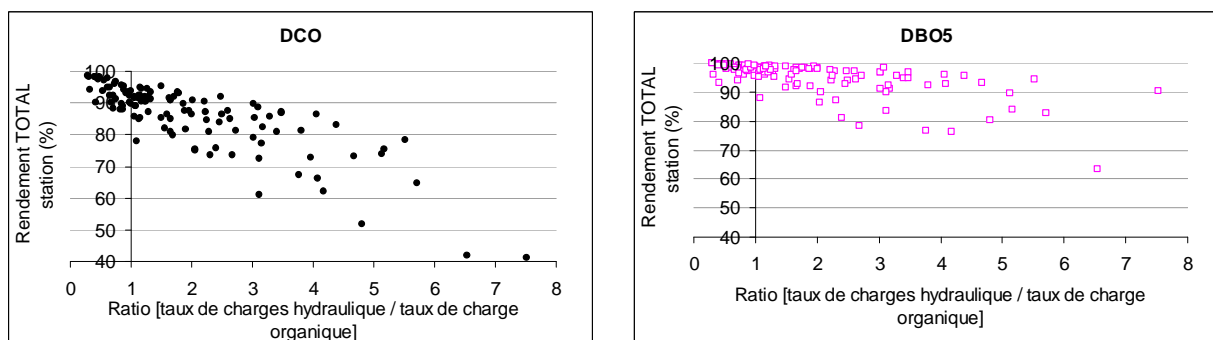


Figure 4 : Répartition des rendements totaux en azote, avec ou sans arrêté préfectoral

Une autre manière de représenter les résultats insiste davantage sur la sensibilité du système aux surcharges hydrauliques :



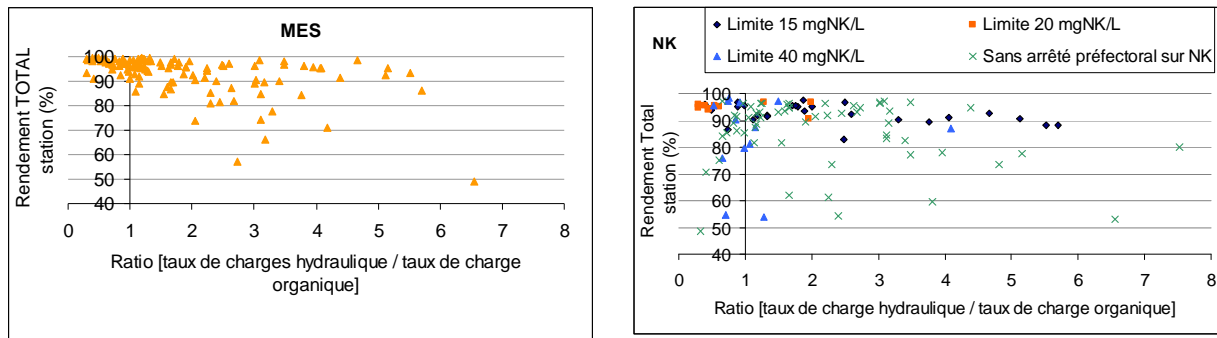


Figure 5 : Rendements totaux (%) en fonction du ratio des taux de charges hydraulique/organique en entrée station (%)

On observe que les rendements sur la DCO baissent avec l'augmentation de la charge hydraulique, traduisant à la fois des temps de séjour plus courts dans les différentes parties du process, ainsi qu'un effluent plus dilué en entrée. Pour les paramètres DBO<sub>5</sub> et MES la tendance est moins évidente. La DBO<sub>5</sub>, plus facilement biodégradable est moins impactée par les surcharges hydrauliques, et les rendements sur les MES présentent plus une augmentation de la variabilité de traitement qu'une baisse claire. On examinera l'influence des charges hydrauliques sur la stabilité de filtration sur les LCSPR lors de l'analyse de cet étage de traitement (chapitre V).

Sur le paramètre NK, cette variabilité est présente également pour de faibles charges hydrauliques. Cependant, on notera que lorsqu'un arrêté préfectoral sur l'azote impose un respect de 15 ou 20 mg/L en NK en sortie station, le rendement de nitrification est généralement très bon (> 90 %) et nettement moins sensible aux surcharges hydrauliques.

### III.2. Concentrations

Concentrations (mg/L)				Sans AP			Avec AP		
	DCO	DBO <sub>5</sub>	MES	N-NH <sub>4</sub>	NK	NGL	N-NH <sub>4</sub>	NK	NGL
<b>EB</b>									
min	47	8	39	4	6	6	7	11	13
Max	3100	1720	1662	112	150	150	115	190	190
<b>Moy</b>	<b>661</b>	<b>290</b>	<b>266</b>	<b>44</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>41</b>	<b>65</b>	<b>66</b>
Médiane	532	210	210	45	63	63	35	59	59
Ecart-type	537	285	225	24	29	29	25	36	35
Nb valeurs	125	124	125	45	62	62	41	52	52
<b>Sortie station</b>									
min	26	2	2	0	1	5	0	1	5
Max	198	64	152	38	40	76	57	64	155
<b>Moy</b>	<b>63</b>	<b>8,5</b>	<b>14,6</b>	<b>5,3</b>	<b>8,6</b>	<b>31</b>	<b>3,7</b>	<b>7,5</b>	<b>30</b>
Médiane	56	6,0	11,0	2,7	5,3	27	0,8	3,0	25
Ecart-type	30	8,0	17,1	6,8	8,1	16	9,2	11,5	23
Nb	148	148	148	73	82	82	50	55	55

Tableau 4 : Concentrations en entrée et sortie de station

Les fortes concentrations en eau usée brute entrée station sont dues à des effluents viticoles, acceptés sur la station de Chiroubles (69). Dans ce cas précis, les EB ne sont pas représentatifs d'effluents domestiques, mais ils sont intégrés dans les domaines de garantie constructeur.

Les concentrations de sorties en DCO, DBO<sub>5</sub> et MES sont globalement correctes, même si l'on note parfois quelques dépassements sur certains paramètres. Sur les éléments de la Figure 6, on peut mettre ces dépassements en lien avec l'hétérogénéité des performances observées :

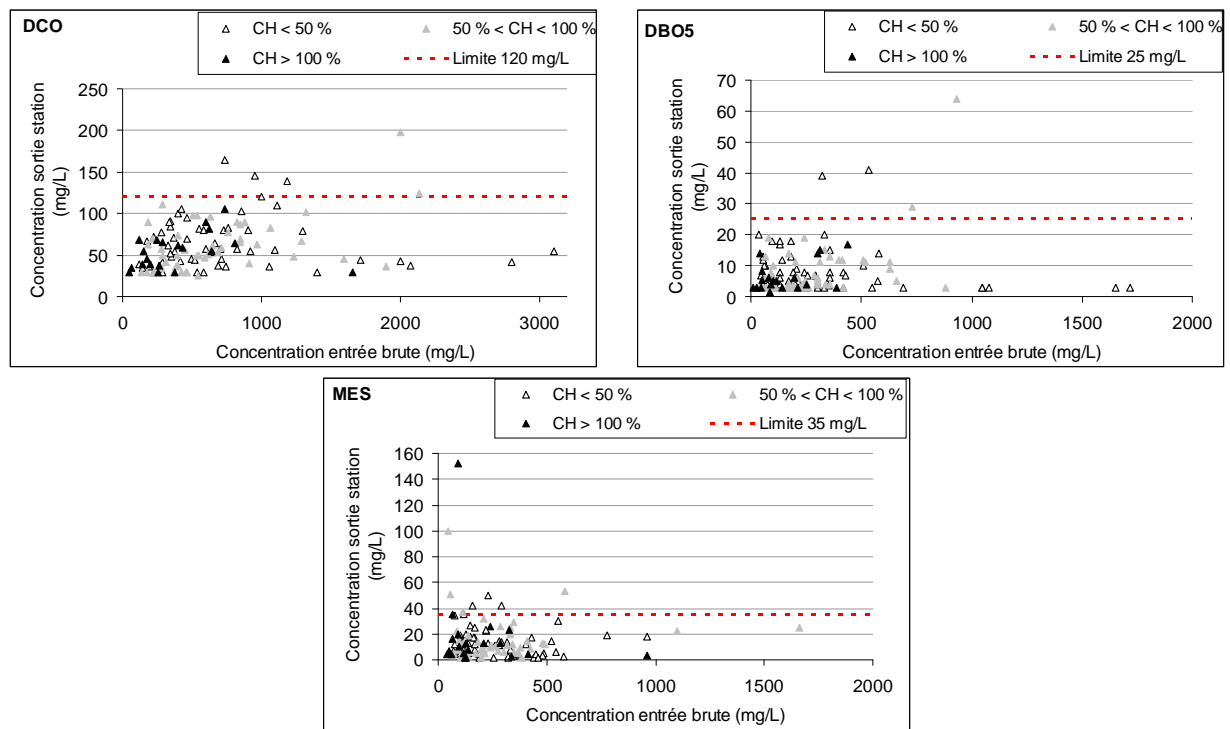


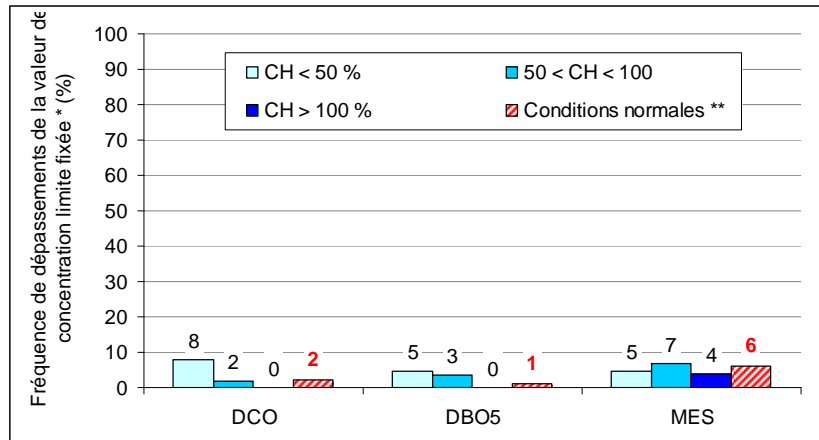
Figure 6 : Concentrations de sortie en fonction des concentrations d'entrée brutes (mg/L) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station

Le niveau de rejet peut parfois être instable : il peut varier du fait de sa sensibilité à la qualité des eaux d'entrée brutes (fortes concentrations d'entrée et faible taux de dilution), du taux de charge de la station, des saisons ou de paramètres de gestion des ouvrages comme par exemple la rotation des lits.

Les points qui dépassent les limites fixées correspondent en large majorité à des prélèvements effectués en période hivernale défavorable pour les LCSPR : janvier à avril (avant la repousse des roseaux). Quelques fois, cela correspond à une forte surcharge organique, et d'autres fois à des stations qui dysfonctionnent (Abzac (33), Mézin (47), par exemple).

Les fréquences de dépassement des seuils de sortie (concentration de sortie limites, Figure 7) sont globalement assez faibles et en tous cas toujours inférieures à 8 % pour les paramètres DCO, DBO<sub>5</sub> et MES.





\* Seuils fixés : 120 mgDCO/L, 25 mgDBO<sub>5</sub>/L, 35 mgMES/L.

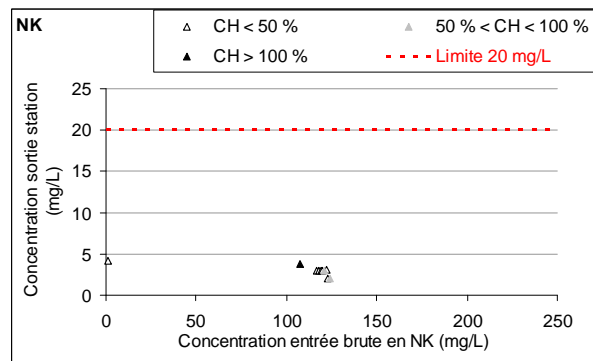
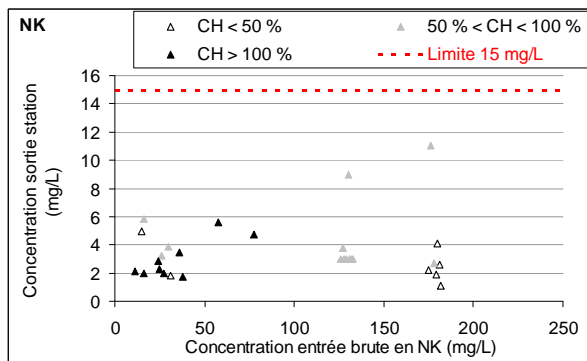
\*\* Conditions normales : charges hydraulique et organique < 120 % et DCO eau brute < 1500 mg/L (soit 97 prélèvements pris en compte, au lieu de 148).

Figure 7 : Fréquences de dépassement des valeurs de concentrations limites de sortie station

Pour certaines stations, les limites de rejet sont plus strictes que celles citées dans l'arrêté du 22 juin 2007, et imposées par arrêté préfectoral, avec par exemple une limite à 90 mg/L en DCO ou 20 mg/L en DBO<sub>5</sub> ou MES. Ces limites ne sont connues que pour 10 des stations étudiées (excepté pour l'azote où toutes les limites sont connues : voir paragraphe III.3. suivant), et on ne relève que très peu de dépassements (< 6 % pour la DCO et les MES, < 2 % pour la DBO<sub>5</sub>, sur un total de 56 bilans concernés) dans ces cas précis (principalement en période hivernale défavorable).

### III.3. Traitement de l'azote

Lorsqu'un seuil de rejet en azote est imposé par arrêté préfectoral, on ne note généralement pas de dépassement du seuil imposé :



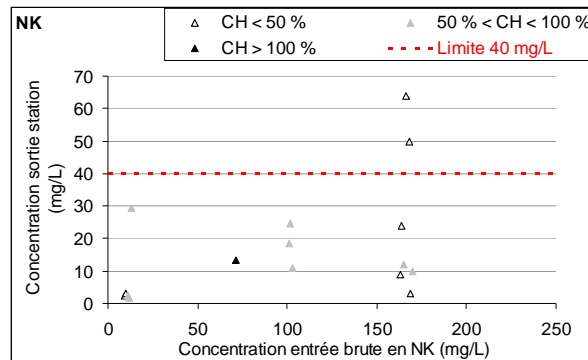
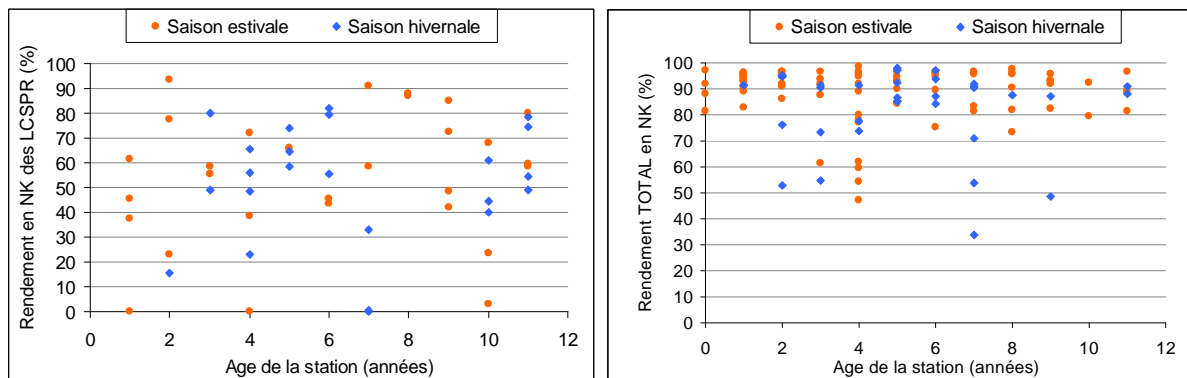


Figure 8 : Concentrations de sortie en fonction des concentrations d'entrée brutes, en cas d'arrêté préfectoral sur l'azote (mgNK/L) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station

Les dépassements en NK notés sur le graphique précédent sont issus d'analyses sur les stations de Beaumont et Chéu (89) : les eaux brutes sont normalement concentrées (740-1150 mg/L en DCO) et les taux de charges hydrauliques et organiques sont inférieurs à 50 %, mais les prélèvements ont été réalisés en hiver (mars-avril, période défavorable pour les lits plantés de roseaux).

Cependant, il n'existe visiblement aucune relation directe entre l'âge de la station (lié à la hauteur de boues), la saison, et le taux de nitrification comme le démontrent les éléments de la Figure 9.



NOTA : Saison hivernale : novembre à avril, saison estivale : mai à octobre, inclus.

Figure 9 : Performances sur LCSPR et totales pour le NK selon la saison et l'âge de la station

Rendement en NK (%)	LCSPR		Total station	
	Saison estivale	Saison hivernale	Saison estivale	Saison hivernale
<b>MOY</b>	<b>52</b>	<b>55</b>	<b>82</b>	<b>89</b>
Ecart-type	24	26	16	10
Nb valeurs	23	31	33	81

Tableau 5 : Performances sur LCSPR et totales pour le NK selon la saison

Si la saison n'apparaît pas particulièrement impactante sur les rendements de nitrification (Tableau 5), on notera que de nombreux paramètres peuvent impacter la nitrification (dimensionnement, gestion ...).

### III.4. Traitement du phosphore

La déphosphatation a lieu par le biais d'un module en aval du LB. Concernant les performances sur le phosphore total (Pt), on distingue nettement les stations sur lesquelles un traitement au chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) a lieu :

<b>Rendements (%)</b>	Sans AP	Avec AP
<b>Total station</b>		
min	5	32
Max	93	98
<b>Moy</b>	<b>35</b>	<b>77</b>
Médiane	31	82
Ecart-type	20	19
Nb valeurs	60	20
<b>Concentrations (mg/L)</b>		
<b>EB</b>		
min		1
Max		39
<b>Moy</b>		<b>9,0</b>
Médiane		8,0
Ecart-type		6,1
Nb valeurs		111
<b>Sortie station</b>		
min	0,8	0,3
Max	31	4
<b>Moy</b>	<b>6,1</b>	<b>1,8</b>
Médiane	5,1	1,5
Ecart-type	4,5	1,1
Nb valeurs	104	20

Tableau 6 : Rendements totaux et concentrations en entrée et sortie station, pour le phosphore total (Pt)

La rétention naturelle du P par adsorption en début de fonctionnement de station est importante et tend à diminuer fortement au cours de la 2<sup>ème</sup> année de fonctionnement. Ces bonnes performances de départ tendent à fausser les données de rétention « normale » du P, c'est pourquoi les analyses en P effectuées la première année de fonctionnement n'ont pas été incluses dans l'interprétation (soit moins de 10 bilans). Néanmoins, lorsque les stations sont récentes et peu chargées, il se peut que des réactions d'adsorption subsistent durant les 3 premières années de fonctionnement.

On constate régulièrement que les dispositifs de traitement physico-chimique du P ne sont pas toujours bien entretenus ni rechargés en  $\text{FeCl}_3$  par les préposés communaux, d'où la variabilité des résultats sur les stations concernées (observations SATESE et Irstea). La mise en place de ce système nécessite une exploitation adaptée pour assurer le fonctionnement de l'ouvrage et l'approvisionnement en réactif.

Par ailleurs, des données supplémentaires seraient nécessaires pour bien fixer le niveau minimal de concentration en P garantissable par le procédé.

-----

Si l'analyse globale de la filière montre de bonnes performances dans son ensemble, la suite du document s'attachera à détailler ouvrage par ouvrage les performances pour tenter de mettre en évidence les éventuelles causes des variabilités observées et discuter de l'optimisation du dimensionnement.

## IV. PERFORMANCES DU LIT BACTERIEN

### IV.1. Dimensionnement du LB

Le dimensionnement du LB repose sur plusieurs paramètres, notamment :

- exigences de rejet en DCO et DBO<sub>5</sub> (méthode interne à la Lyonnaise des Eaux), mais aussi sur l'azote (vitesses de nitrification),
- la concentration des effluents entrants (effluents dilués ou concentrés du fait d'un réseau unitaire ou séparatif, présence d'eaux claires parasites...),
- la typologie des effluents (proportion soluble/particulaire, ratio DCO/DBO<sub>5</sub>...),
- la température de l'eau.

Ainsi, lorsqu'une nitrification poussée est nécessaire, le volume du lit bactérien est majoré (le volume nécessaire pour ne traiter que le carbone est ainsi parfois doublé), tout autre condition restant fixe. D'un cas à un autre, les exigences de rejet n'étant pas les seules à impacter le dimensionnement, le volume de lits bactérien par EH n'est pas forcément similaire pour un même niveau de rejet. Le constructeur se base sur les éléments fournis par le cahier des charges ainsi que sur des données existantes, lorsque l'effluent est connu, pour affiner au mieux le dimensionnement.

### IV.2. Performances du LB

Le rôle majeur du LB est la transformation de la fraction dissoute en fraction particulaire (élimination de la DCO dissoute/filtrée et de la DBO<sub>5</sub>), ainsi qu'une nitrification lorsqu'un arrêté préfectoral fixant un seuil de rejet en NK l'impose. L'analyse de cet étage de traitement s'attachera donc à discuter uniquement de la partie dissoute.

Rendements (%)	DCO	DCO dissoute	DCO classique sur LB *	DBO <sub>5</sub>	MES	Sans AP		Avec AP		Pt
						N-NH <sub>4</sub>	NK	N-NH <sub>4</sub>	NK	
LB										
Min	8	33	67	24	0	57	54	37	20	0
Max	90	96	97	100	95	96	88	98	94	47
<b>Moy</b>	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>84</b>	<b>79</b>	<b>43</b>	<b>78</b>	<b>68</b>	<b>81</b>	<b>68</b>	<b>11</b>
Médiane	64	73	87	86	47	77	66	86	76	7
Ecart-type	23	24	10	19	33	13	10	17	23	14
Nb valeurs	33	10	10	32	33	17	19	14	14	33

\* L'élimination de la DCO sur un LB est classiquement représentée de la manière suivante :  
 Rendement en DCO classique LB = (DCO<sub>brute</sub> entrée station - DCO<sub>dissoute</sub> sortie LB) / DCO<sub>brute</sub> entrée station.

Tableau 7 : Rendements du LB

Concentrations (mg/L)					Sans AP			Avec AP		
	DCO	DCO dissoute	DBO <sub>5</sub>	MES	N-NH <sub>4</sub>	NK	NGL	N-NH <sub>4</sub>	NK	NGL
<b>EB</b>										
Min	155	78	49	53	11,6	18,1	18,1	17,3	23,9	24,95
Max	3100	2720	1650	581	82,3	97,6	97,72	71	97	97,3
<b>Moy</b>	<b>691</b>	<b>514</b>	<b>318</b>	<b>216</b>	<b>47</b>	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>43</b>	<b>57</b>	<b>58</b>
Médiane	522	178	205	184	47	73	73	44	60	60
Ecart-type	612	744	334	134	20	24	24	16	22	22
Nb valeurs	33	13	32	33	17	19	19	14	14	14
<b>Sortie LB</b>										
Min	30	30	3	11	1	3	9	1	4	21
Max	816	235	190	588	37	44	78	45	62	99
<b>Moy</b>	<b>198</b>	<b>65</b>	<b>43</b>	<b>103</b>	<b>9,8</b>	<b>20,1</b>	<b>37</b>	<b>10,5</b>	<b>20,4</b>	<b>44</b>
Médiane	173	49	36	76	7,3	19,1	33	4,8	10,9	43
Ecart-type	130	61	39	98	8,7	11,9	16	12,1	17,6	19
Nb valeurs	55	10	54	55	38	39	39	16	16	16

NOTA : les très fortes concentrations en DCO, DCO<sub>dissoute</sub> et DBO<sub>5</sub> correspondent à 2 bilans 24h sur des effluents viticoles sur la station de Chiroubles (69).

Tableau 8 : Concentrations en entrée et sortie du LB

L'analyse des concentrations sur les paramètres dissous en entrée et sortie du LB montre que les niveaux de rejet et les rendements sont tout à fait acceptables. Là-encore, cette analyse globale (non prise en compte de l'effet des charges) ne permet pas de faire de différence sur les niveaux de rejets et performances liés à l'azote ammoniacal lorsqu'un arrêté préfectoral est imposé en termes de nitrification.

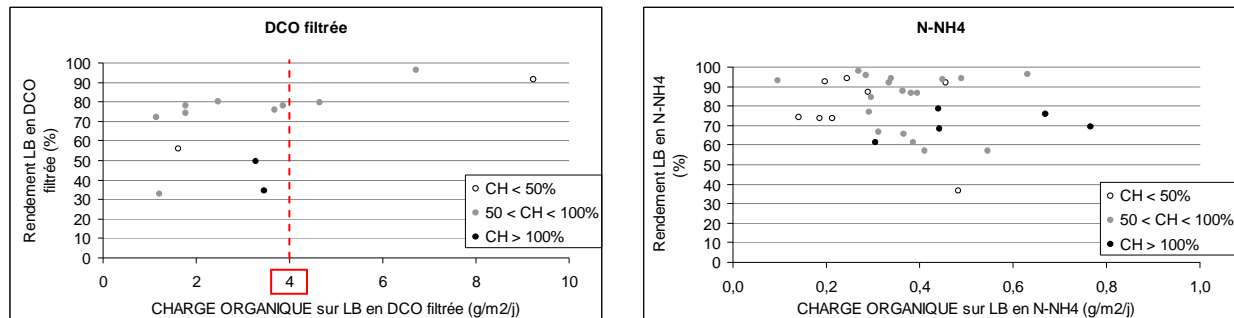
Les performances des lits bactériens dépendent de nombreux facteurs (disponibilité de l'oxygène, température, caractéristiques des eaux d'entrée, caractéristiques du matériau de remplissage, conditions hydrauliques, etc.). Dans la mesure où de nombreuses données sont absentes pour une étude fine du process, nous nous attacherons à présenter les résultats obtenus sous différentes formes pour tenter de préciser les variations observées sur les suivis.

Les différentes formes de représentation des performances peuvent être réalisées suivant la charge reçue par volume de matériaux ou par la surface développée des matériaux. Le problème de conversion entre surface développée et volume n'est pas aisée dans la mesure où la surface colonisée par la biomasse est généralement inférieure à celle de la surface développée du matériau (données constructeur), en raison de difficultés d'accessibilité statique et d'un éventuel mouillage incomplet. Si des études existantes suggèrent des valeurs, ces dernières dépendent de nombreux facteurs comme le type de garnissage et les paramètres hydrauliques (charge hydraulique, force d'irrigation...). En raison de la difficulté d'obtenir l'ensemble des informations nécessaires (débit des pompes de recirculation, réglages réels des temps de recirculation...), les représentations de rendements ne sont pas optimisées. Sur les quelques données disponibles, la charge hydraulique reçue par les lits bactériens est de l'ordre de 2.5 m/h, qui est la valeur minimale recommandée par Racault et Seguret (1996<sup>1</sup>) pour assurer un mouillage correct et une bonne capacité d'oxygénation.

<sup>1</sup> Racault, Y., Seguret F., (1996) Eléments de dimensionnement pour la nitrification en lit bactérien. Colloque Cemagref, Traitement de l'azote, Pollutec, Lyon, 25 Octobre 1996.

### **Représentation 1 : les MES n'ont pas d'impact sur les performances du LB et passent au travers du LB**

Pour cette hypothèse la charge organique reçue par le lit bactérien est exprimée suivant la pollution dissoute reçue par m<sup>2</sup> de surface développée. On retiendra que l'expression de ces charges en g de polluants par m<sup>3</sup> de matériau nécessite d'être multipliée par la surface développée du matériau, soit 165 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.



NOTA : La charge appliquée est exprimée en g par m<sup>2</sup> de surface développée par le matériau (165 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>). Les graphiques identiques en fonction de la charge appliquée par m<sup>3</sup> de LB sont disponibles en Annexe 3.

La délimitation verticale en rouge correspond à la charge organique nominale de 4 gDCO<sub>filtrée</sub>/m<sup>2</sup>/j.

Les charges organiques appliquées rapportées à la surface plane du LB fournissent des graphiques similaires.

Figure 10 : Rendements en DCO filtrée et NH4 du LB (%) en fonction du taux de charge organique en entrée LB (%) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station

On observe que la variabilité des rendements observés sur un LB ne peut être clairement expliquée par un effet charge exprimée de cette manière. D'après Vandevenne (1994)<sup>2</sup> et Thames Water Utilities (1995)<sup>3</sup>, les charges à ne pas dépasser pour une nitrification partielle ou totale sur des matériaux plastiques sont de 300 et 150 g de DCO et DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>/j respectivement. Sur la base d'un ratio DCO/DBO<sub>5</sub> de 2.5, cela correspond à une charge de 4.5 g de DCO/m<sup>2</sup>/j. Ces mêmes auteurs précisent des charges indicatives de 80 et 40 gNK/m<sup>3</sup>/j, soit de l'ordre de 0.48 et 0.24 gNK/m<sup>2</sup>/j pour une nitrification partielle ou totale respectivement. Cette charge en azote est dépassée sur certains bilans, même si les charges organiques mesurées lors de ces bilans respectent les charges de dimensionnement. Il est possible que cela contribue à une plus grande variabilité des résultats sur la nitrification pour de fortes charges.

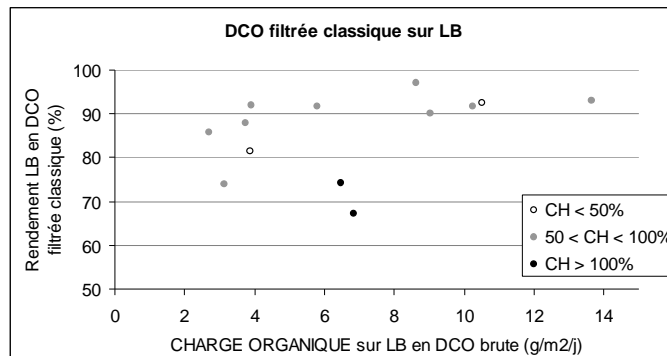
Cependant, les charges organiques étant exprimées suivant la concentration et le débit entrée station, elle ne prend pas en compte la pollution qui revient sur le lit par la recirculation ni l'effet dilution sur l'effluent d'entrée. Il est possible, compte tenu de la variabilité des taux de charge des stations, que cela contribue à la variabilité observée.

### **Représentation 2 : évaluation classique des LB**

Si l'on exprime les rendements du LB tel que réalisé classiquement (en se basant sur les concentrations brutes en entrée et dissoutes en sortie, tel que détaillé au Tableau 7), de manière à inclure l'effet d'une étape de clarification finale, aucune tendance ne peut non plus être observée avec l'augmentation de la charge en DCO (données insuffisantes pour représenter les graphiques en DBO<sub>5</sub>).

<sup>2</sup> Vandevenne L. (1994). Upgrading and innovation in trickling filters in response to new EEC environmental guidelines. Nitrification and denitrification studies. Detailed report, ASBL – CEBEDEAU, Liège, 29 p.

<sup>3</sup> Thames Water Utilities (1995) Upgrading and innovation in trickling filters in response to new EEC environmental guidelines. Detailed report, 17p.



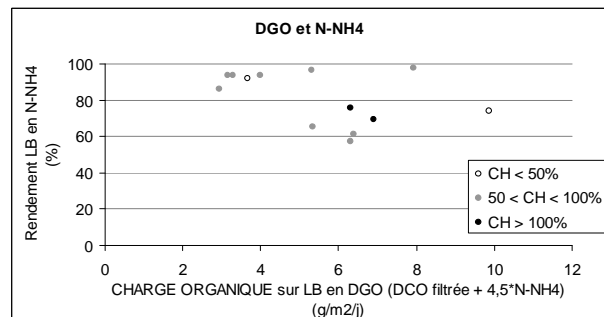
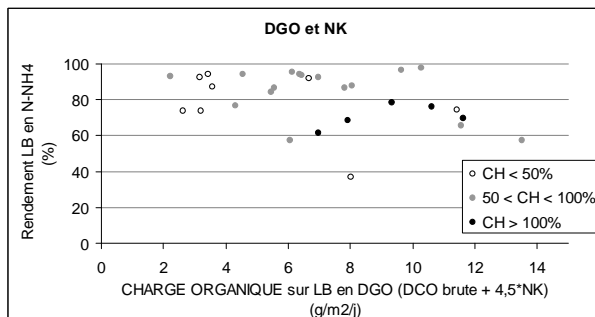
NOTA : La charge appliquée est exprimée en g par m<sup>2</sup> de surface développée par le matériau (165 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>). Un graphique identique en fonction de la charge appliquée par m<sup>3</sup> de LB est disponible en Annexe 3.

Figure 11 : Rendements classiques du LB (%) en fonction du taux de charge organique en entrée LB (g/m<sup>2</sup>/j) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station

**Représentation 3 : les rendements sur la partie dissoute varient en fonction de la demande globale en O<sub>2</sub> (DGO)**

Dans l'hypothèse d'une variation des rendements en fonction de la disponibilité en oxygène, une représentation des performances peut être exprimée en fonction de la demande globale en oxygène (DGO). La DGO est alors exprimée de 2 manières :

- en incluant la partie particulaire (DGO = DCO<sub>brute</sub> + 4.5\*NK, Figure 12 à gauche),
- en fonction de la pollution dissoute (DGO = DCO<sub>filtrée</sub> + 4.5\*N-NH<sub>4</sub>, Figure 12 à droite).



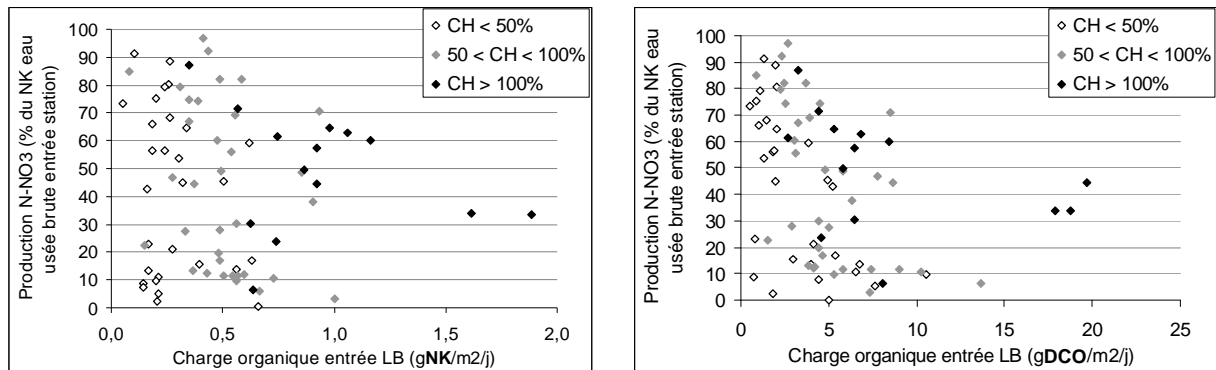
NOTA : La charge appliquée est exprimée en g par m<sup>2</sup> de surface développée par le matériau (165 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>). Les graphiques identiques en fonction de la charge appliquée par m<sup>3</sup> de LB sont disponibles en Annexe 3.

Figure 12 : Rendements en NH<sub>4</sub> du LB (%) en fonction du taux de charge organique en DGO en entrée LB (%) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station

On notera, sur le paramètre ammonium NH<sub>4</sub>, que la nitrification est performante (80 % en moyenne), mais on retrouve en revanche une certaine variabilité qui semble s'accroître avec l'augmentation de la charge.



La nitrification peut également être estimée par les nitrates produits :



Nota : Selon les données exploitées, la charge organique moyenne en entrée du LB théorique serait de 7.2 gDCO/m<sup>2</sup>/j et 0.7 gNK/m<sup>2</sup>/j. La surface considérée est celle développée par le support du LB (PVC Crosspack). Les points dont la charge est élevée correspondent à la station de La Pacaudière (bilans constructeur de 2007 et 2008).

Figure 13 : Production de nitrates selon les charges appliquées sur le LB en NK et en DCO

Si dans l'ensemble la production de nitrates semble diminuer avec la charge azotée ou la charge en DCO (compétition vis-à-vis de la consommation en oxygène), on observe que la production est variable même pour de faibles taux de charge organique et hydraulique et ce pour 22 stations différentes. Ce n'est donc pas une spécificité de quelques sites.

On retiendra que le lit bactérien, sur l'ensemble des stations étudiées, permet des rendements satisfaisants de la pollution dissoute (80 % de nitrification en moyenne) mais que des variations, même pour des charges réputées comme faibles, sont observables. L'étude, et notamment la détermination des conditions hydrauliques, n'est pas suffisamment fine pour mettre en évidence les raisons de ces variations mesurées. Dans un objectif, non plus d'évaluation, mais d'optimisation et de développement, nécessiterait des suivis plus fins avec traçage hydraulique systématique pour mettre en évidence les facteurs affectant les rendements.

## V. PERFORMANCES DES LITS DE CLARIFICATION SECHAGE PLANTES DE ROSEAUX

Le rôle attendu de cet ouvrage par le constructeur est la filtration (rétention) des MES au travers des massifs filtrants, avec accumulation et minéralisation des boues en surface des LCSPR.

### V.1. Performances générales des LCSPR

Les graphiques suivants présentent les rendements obtenus sur les systèmes en fonction de la charge organique reçue (en g par m<sup>2</sup> de filtre alimenté et par jour) et de la charge hydraulique :

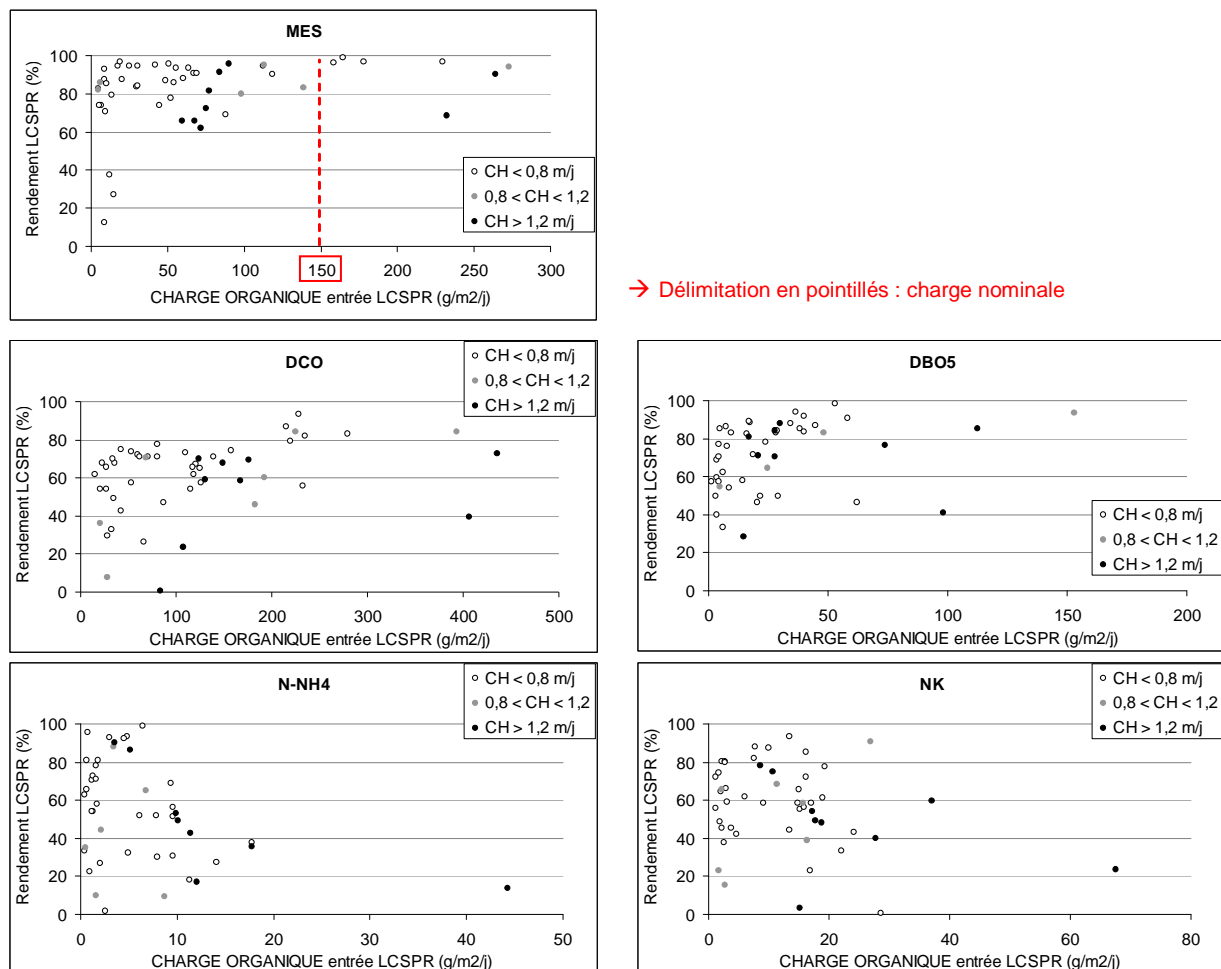


Figure 14 : Rendements des LCSPR (%) en fonction du taux de charge organique en entrée des LCSPR (g/m<sup>2</sup>/j, par paramètre) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station

On observe globalement une filtration satisfaisante sur les LCSPR et des variations plus importantes de rendements sur les autres paramètres. Au regard des concentrations de sortie (Tableau 10), la filière de traitement permet d'atteindre des niveaux de rejet

satisfaisants. Les variations de rendement observées sur cet étage sont à discuter au regard d'autres paramètres que ceux des charges reçues.

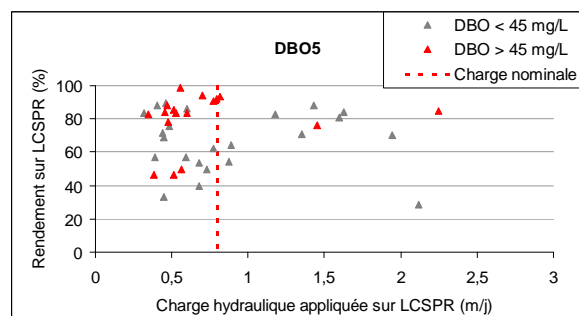
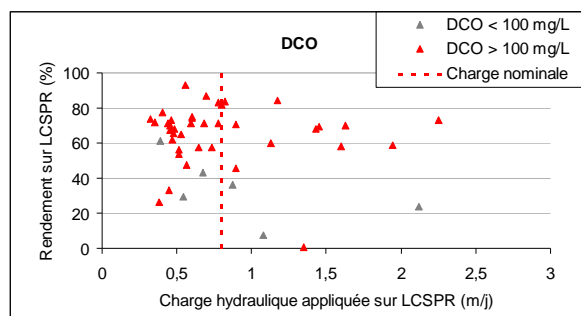
Rendements (%)	DCO	DCO dissoute	DBO <sub>5</sub>	MES	Sans AP		Avec AP	
					N-NH <sub>4</sub>	NK	N-NH <sub>4</sub>	NK
<b>LCSPR</b>								
min	1	2	0	0	2	15	17	1
Max	93	76	98	99	99	91	96	94
<b>Moy</b>	<b>60</b>	<b>27</b>	<b>67</b>	<b>80</b>	<b>49</b>	<b>59</b>	<b>62</b>	<b>51</b>
Médiane	66	22	76	86	52	59	58	57
Ecart-type	20	25	24	20	27	19	25	28
Nb valeurs	54	7	53	54	33	37	13	14

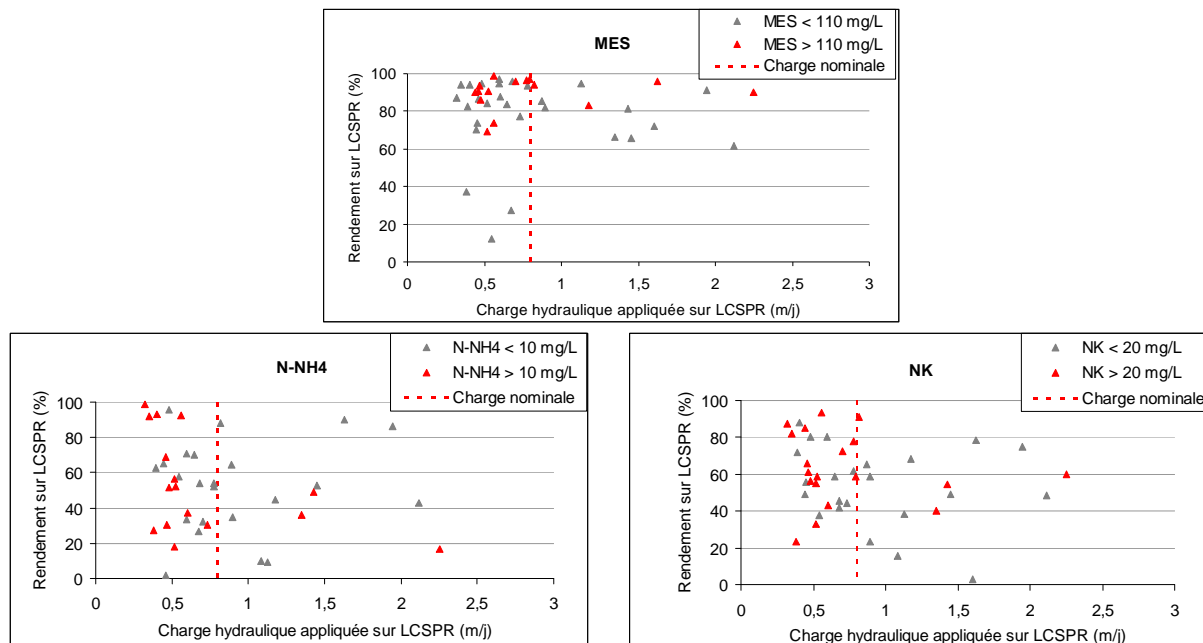
Tableau 9 : Rendements des LCSPR

Concentrations (mg/L)	DCO	DCO dissoute	DBO <sub>5</sub>	MES	Sans AP			Avec AP		
					N-NH <sub>4</sub>	NK	NGL	N-NH <sub>4</sub>	NK	NGL
<b>Sortie LB</b>										
min	30	30	3	11	1	3	9	1	4	21
Max	816	235	190	588	37	44	78	45	62	99
<b>Moy</b>	<b>198</b>	<b>65</b>	<b>43</b>	<b>103</b>	<b>9,8</b>	<b>20,1</b>	<b>37</b>	<b>10,5</b>	<b>20,4</b>	<b>44</b>
Médiane	173	49	36	76	7,3	19,1	33	4,8	10,9	43
Ecart-type	130	61	39	98	8,7	11,9	16	12,1	17,6	19
Nb valeurs	55	10	54	55	38	39	39	16	16	16
<b>Sortie LCSPR</b>										
min	26	30	2	2	0	1	5	0	1	5
Max	198	136	64	152	38	40	76	57	64	155
<b>Moy</b>	<b>63</b>	<b>52</b>	<b>8,5</b>	<b>14,6</b>	<b>5,3</b>	<b>8,6</b>	<b>31</b>	<b>3,7</b>	<b>7,5</b>	<b>30</b>
Médiane	56	42	6,0	11,0	2,7	5,3	27	0,8	3,0	25
Ecart-type	30	30	8,0	17,1	6,8	8,1	16	9,2	11,5	23
Nb valeurs	148	13	148	148	73	82	82	50	55	55

Tableau 10 : Concentrations en entrée et sortie de LCSPR

Les LCSPR apportent un complément de traitement non négligeable en ce qui concerne la DCO et la DBO<sub>5</sub>. Leur rôle majeur est la rétention des MES. On observe cependant, sur l'ensemble de ces paramètres, une variabilité encore importante (Figure 15).





NOTA : La délimitation verticale en rouge correspond à la charge hydraulique nominale acceptable en temps sec (0.8 m/j). La charge acceptable en temps de pluie est de 1.2 m/j.

Figure 15 : Rendements des LCSPR (%) en fonction de la charge hydraulique appliquée aux LCSPR (m/j, par paramètre) pour différentes gammes de concentrations d'entrée des LCSPR

Globalement, le système semble performant même en cas de dépassement de la charge hydraulique nominale acceptable. Un complément de traitement sur le  $\text{NH}_4$  (nitrification) est réalisé, avec, là encore, une grande variabilité quelle que soit la charge/concentration appliquée.

## V.2. Vitesses d'infiltration

Les vitesses d'infiltration de l'effluent lors de l'envoi d'une bâchée sur les LCSPR ont pu être enregistrées sur la station de La Pacaudière (42) grâce à des sondes à ultrasons disposées en surface des filtres (Figure 16).

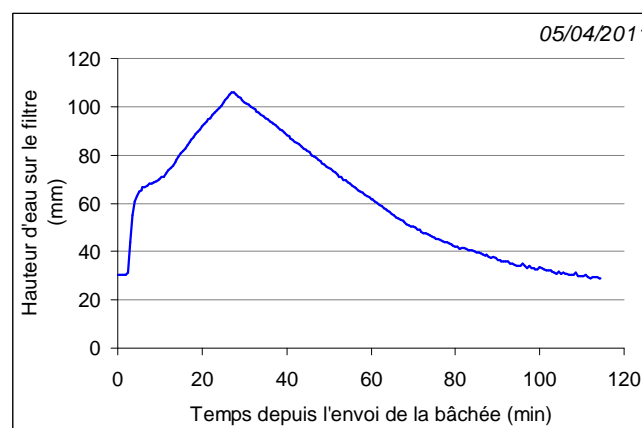


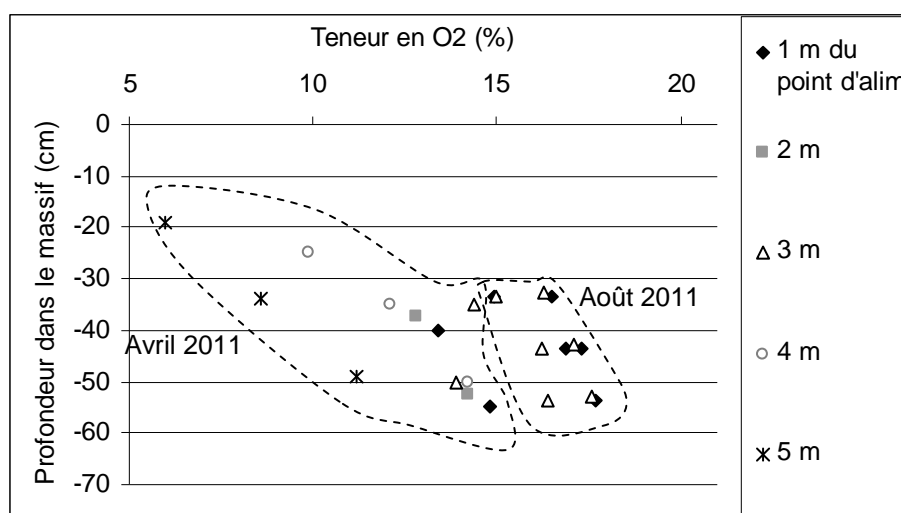
Figure 16 : Evolution typique de la hauteur d'eau sur le filtre suite à l'envoi d'une bâchée sur LCSPR

Vitesses d'infiltration	Moyenne (m/s)	Ecart-type	Infiltrabilité (m/j)
Moyenne sur les 10 premières minutes après envoi de la bâchée	21.10 <sup>-6</sup>	6.10 <sup>-6</sup>	-
Moyenne sur les 20 minutes suivantes	19.10 <sup>-6</sup>	4.10 <sup>-6</sup>	1.7
Moyenne sur la fin de la bâchée (ressuyage lent)	9.10 <sup>-6</sup>	4.10 <sup>-6</sup>	0.8

Tableau 11 : Vitesses d'infiltration moyenne au sein d'une bâchée sur LCSPR

Ces données sont similaires à celles habituellement constatées sur des stations de type filtres plantés de roseaux à écoulement vertical classique ( $\approx 40.10^{-6}$  m/s en fin d'hiver). Ces valeurs permettent de réaliser qu'il est difficile de recevoir des charges hydrauliques importantes. Limiter la charge à 1.2 m/j, comme le préconise le constructeur, semble sécuritaire pour assurer une oxygénation correcte du milieu. En effet, les mesures d'oxygène réalisées pour deux types de charge hydrauliques (Figure 17) permettent d'observer l'impact de la charge hydraulique sur les teneurs en oxygène dans le milieu. Des charges de 1.8 m/j semblent trop importantes pour avoir une oxygénation optimale de la partie supérieure du massif filtrant et de surcroît de la couche de boues.

Les mesures du potentiel redox (entrée/sortie) et des teneurs en oxygène dans le massif montrent une bonne oxygénation du milieu dans l'ensemble. Le redox mesuré à La Pacaudière en continu est inférieur à -50 mV/EHN en amont des LCSPR (anoxie, voire anaérobie), mais il est ensuite toujours supérieur à 300 mV en sortie. Cela témoigne de la bonne oxygénation de l'effluent lors de son passage dans les massifs filtrants, ce qui est confirmé par les mesures de gaz in-situ. Les mesures de teneur en O<sub>2</sub> présentées sur la Figure 17, sont mesurées après 6 jours d'alimentation du système en avril et 15 jours en août, toujours une demi-heure après une bâchée. Elles mettent en évidence une oxygénation correcte des lits dans l'ensemble, et une aération performante par le bas du lit.



**Nota :** les charges organiques étaient de 33 % en avril et 18 % en août (soit respectivement 85 et 24 gMES/m<sup>2</sup>/j), les charges hydrauliques étaient de 179 % en avril et 56 % en août (soit respectivement 1.8 et 0.6 m/j sur le filtre en fonctionnement). Sur le graphique, la surface du matériau se situe à la profondeur de 0 cm (sous la couche de boues).

Figure 17 : Evolution des teneurs en oxygène au sein des LCSPR en avril et août 2011, sur un filtre en fonctionnement

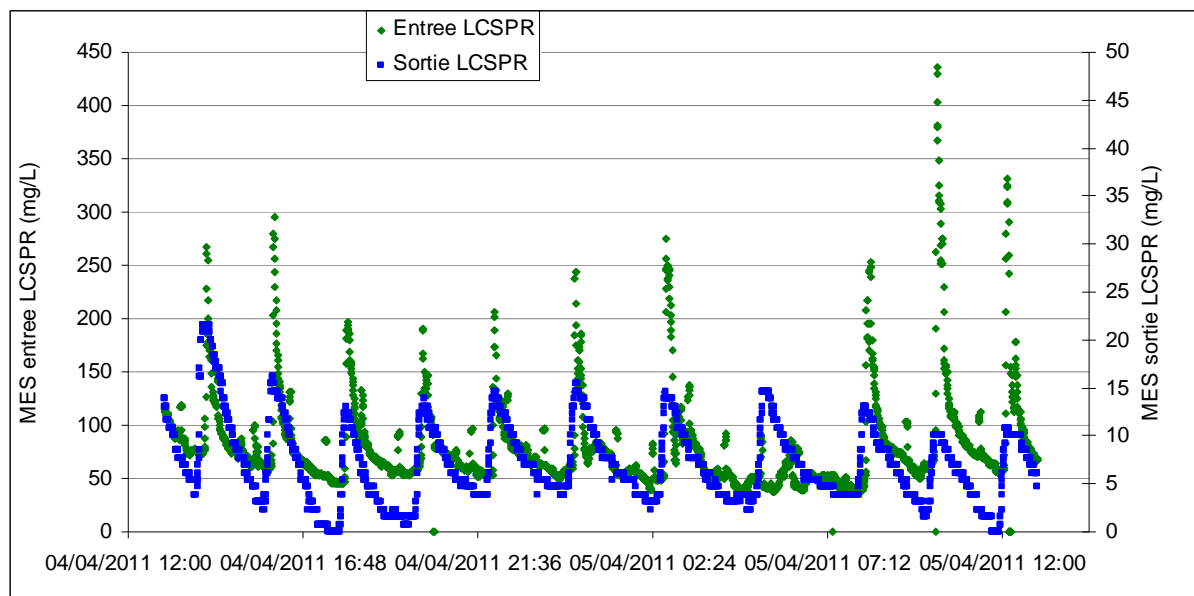
Les valeurs plus basses en avril (printemps) peuvent être mises en relation avec différents facteurs :

- Une charge hydraulique plus forte empêchant une oxygénation par le haut du massif,
- Une consommation d'oxygène accrue par le réveil de la biomasse en sortie d'hiver et un stock de matière organique à dégrader suite à l'accumulation hivernale.

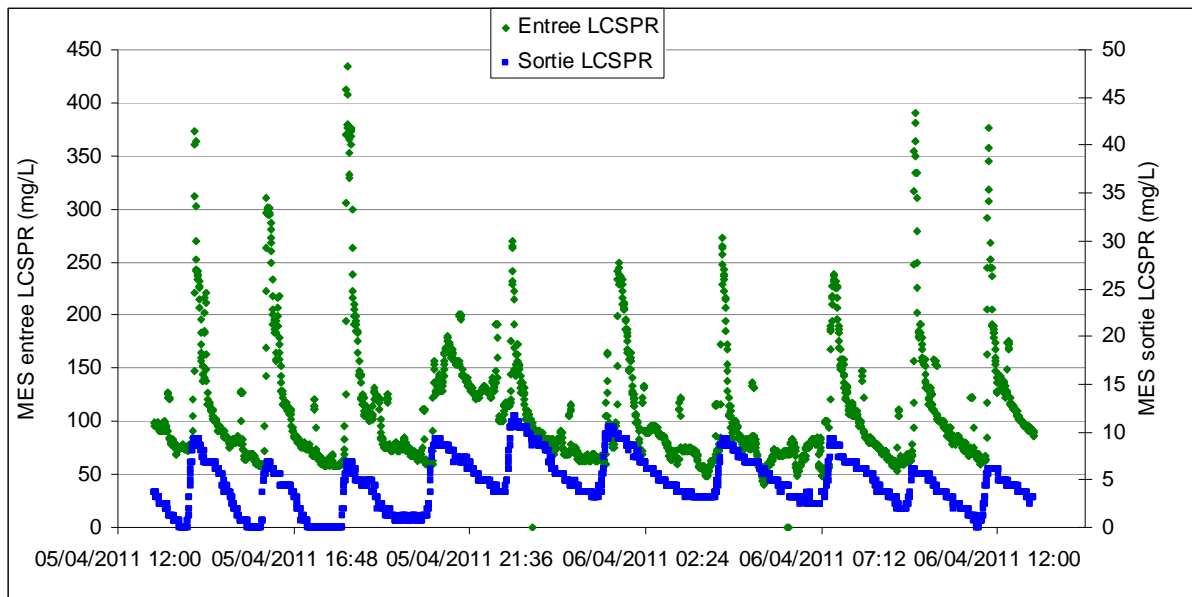
Non mesurable en raison d'un fort taux d'humidité dans la partie supérieure du filtre et le dépôt organique, l'oxygène en partie supérieure est très bas, nuisible donc aux bonnes performances de nitrification et à la minéralisation des boues. La charge hydraulique reçue lors de ce bilan ne doit rester qu'exceptionnelle dans la vie du filtre afin qu'il assure pleinement son rôle de minéralisation de la matière organique, et si nécessaire son rôle d'affinage de la nitrification pour pallier les variations observées du lit bactérien.

### V.3. Rétention des MES

Lors d'une campagne 24h effectuée par Irstea (station de La Pacaudière), un enregistrement en continu des MES en sortie LB (entrée LCSPR) et sortie station (sortie LCSPR) a été mis en place. Les figures suivantes montrent la bonne filtration après 6 jours de fonctionnement. Les valeurs de sortie sont systématiquement inférieures à 20 mgMES/L (le lit comportait 7 cm de dépôt en surface). L'évolution de la teneur en MES dans le temps est très fortement liée aux bâchées. Lors de l'augmentation du débit de sortie la valeur en MES augmente.



NOTA : Concentrations bilan 24h : MES entrée LCSPR = 86.5 mg/L ; MES sortie = 7.3 mg/L.



NOTA : Concentrations bilan 24h : MES entrée LCSPP = 111 mg/L, MES sortie = 4.6 mg/L.

Figure 18 : Evolution des teneurs en MES en continu en sortie de LCSPP de La Pacaudière (42) en avril 2011, sur 2 bilans 24h consécutifs

Cette augmentation des concentrations avec les débits de sortie est vraisemblablement liée à deux phénomènes concomitants : des passages préférentiels au sein du milieu ainsi qu'un décrochage de la matière organique, lors de vitesse de fluide accrue au sein du massif filtrant. La granulométrie des MES à chaque étape de traitement (Figure 19) montre en effet que les MES sortants du lit sont inférieures à 40  $\mu\text{m}$  (25  $\mu\text{m}$  en moyenne) alors que les amas cellulaires issus du lit bactérien sont autour de 100  $\mu\text{m}$ . On a bien un rôle de filtration efficace, mais soit des fines particules passent au travers du système soit un décrochage a lieu.

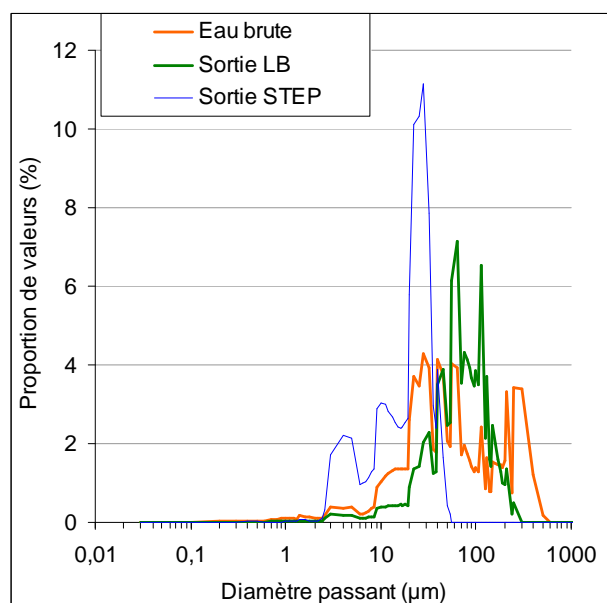


Figure 19 : Analyse des MES de sortie LCSPP de La Pacaudière (42) en avril 2011, au granulomètre laser

Si sur cet exemple, les teneurs en MES sont tout à fait acceptables. On peut se poser la question de leur stabilité pour des systèmes plus jeunes, suivant les saisons, etc. Les bilans 24h montrent en effet que les rendements de filtration du lit sont parfois faibles, résultant en des dépassements non négligeables de concentrations de sortie, supérieures à 20 voire 35 mgMES/L (Tableau 10, Figure 20).

Sur la totalité des données recueillies, on relève les dépassements en MES en sortie station selon l'âge de la station (Figure 20) et la saison (Tableau 12) auxquelles ont été réalisés les prélèvements :

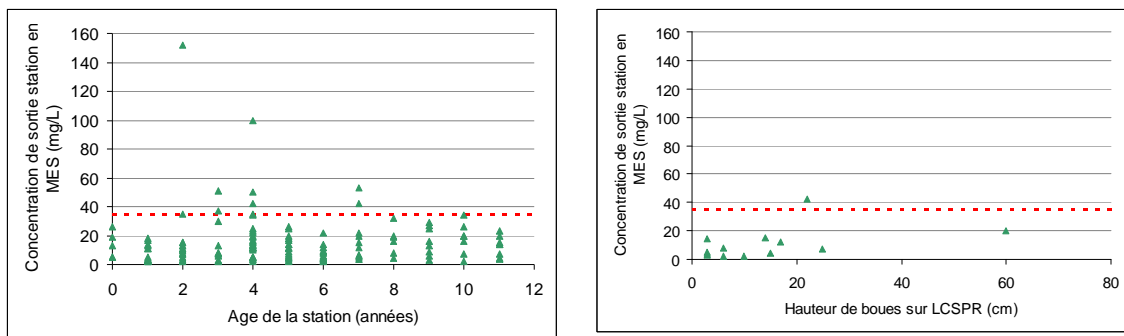


Figure 20 : Teneur en MES de sortie selon l'âge de la station et la hauteur de boues sur les LCSPR

Les dépassements concernent les 10 bilans 24h des stations suivantes :

Station	CH* (%)	CH (m/j)	CO* (%)	DCO entrée brute (mg/L)	Saison**	
					hivernale	estivale
Jayat	110	-	55	431		x
Busigny-Maretz	23	-	-	951		x
Ardes sur Couze	88	0.8	28	284		x
Orsonnette	78	0.8	10	119		x
Aramits	63	0.5	<b>150</b>	2000	x	
Oloron Ste Marie - Soeix	66	-	14	184	x	
Saint Colomban des Villards	20	-	5	176		x
Saint Colomban des Villards	40	-	20	426		x
Bout du Pont de l'Arn	<b>325</b>	-	50	117	x	

\* CH et CO : Charge Hydraulique et Charge Organique, en % par rapport au nominal.

\*\* Saison hivernale : novembre à avril ; saison estivale : mai à octobre ; inclus.

Tableau 12 : Détails des conditions de dépassements observés en MES en sortie de certaines stations

Les dépassements peuvent s'expliquer pour 2 bilans (Aramits et Bout du Pont de l'Arn) pour lesquels on relève une forte surcharge organique ou hydraulique. Pour les 8 autres bilans, il s'agit pourtant de charges hydrauliques et organiques classiques. On pourra éventuellement mettre en cause la période hivernale pour quelques bilans, pouvant éventuellement connaître un décrochage de la biomasse dans des parties anoxiques du filtre. On peut éventuellement imaginer que des lames de bâchées importantes augmentent le poids des passages préférentiels de l'eau, passages inhérents aux systèmes de filtres plantés.



## V.4. Exploitation

La fréquence de rotation des filtres (alternance d'alimentation/repos) est un paramètre important dans la gestion des performances du système. Des périodes d'alimentation/repos plus fréquentes mais plus courtes permettent généralement d'obtenir de meilleurs rendements sur les filtres, tant que les teneurs en oxygène restent hautes. La qualité des boues pourra être légèrement affectée, mais les performances des LCSPR semblent être à privilégier pour fiabiliser la filière.

En ce qui concerne le nombre de jours d'alimentation, eut égard au peu de données disponibles (information complète), on ne peut mettre en avant d'impact de la durée des alimentations sur les performances du système. Il faudrait également mettre ces données en corrélation avec le temps de repos des filtres. On rappellera que les taux d'oxygène mesurés après 6 jours d'alimentation restent acceptables en sortie d'hiver. Sur la Figure 21, on retrouve une hétérogénéité en termes de rendements. Les points bas (notamment les 3 points < 40 % de rendement en DCO) correspondent à des stations différentes et à des bilans réalisés en saison estivale (2 points).

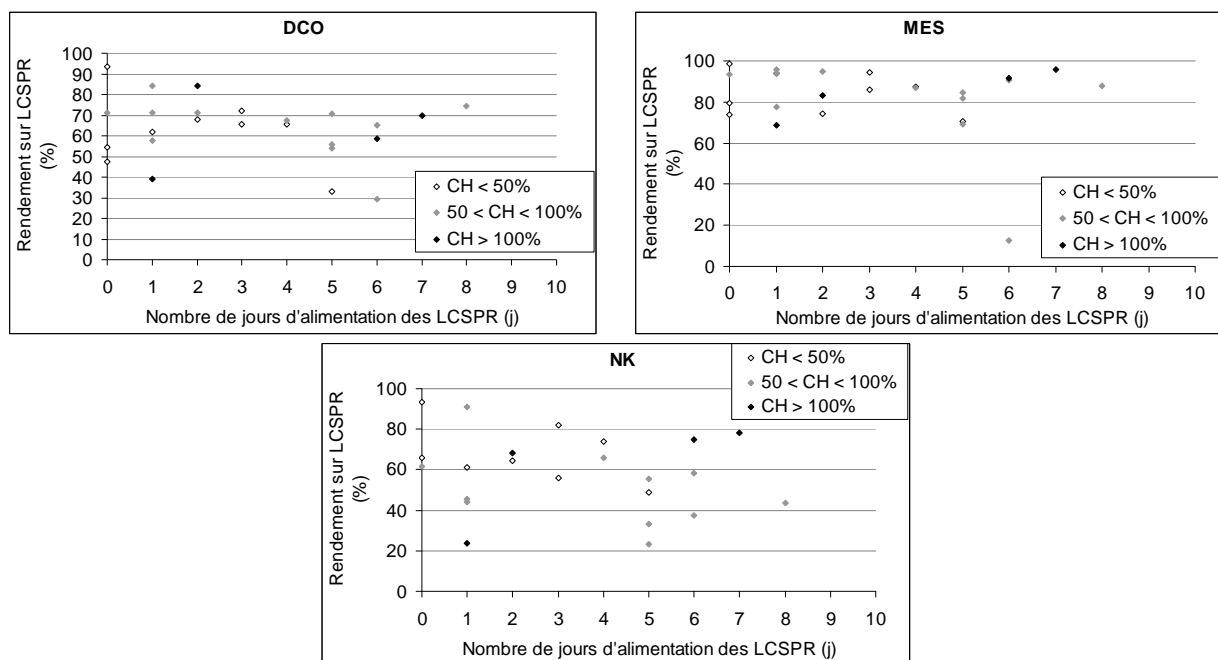


Figure 21 : Rendement des LCSPR (%) en fonction du nombre de jours d'alimentation du lit

La durée de la période de repos peut également influencer les performances des LCSPR. En effet, certaines stations ont des périodes de repos d'une semaine (4 lits alimentés 2 à 2) tandis que d'autres stations présentent des périodes de repos de deux semaines (3 lits alimentés successivement). Sur respectivement 22 et 32 bilans, aucune différence de rendements en DCO, DBO<sub>5</sub>, MES et NK sur les LCSPR n'a été constatée.

Un autre point pouvant impacter grandement les rendements des lits est liée à la lame d'eau de chaque bâchée. On observe une plus grande hétérogénéité des rendements pour des lames d'eau importantes (Figure 22).

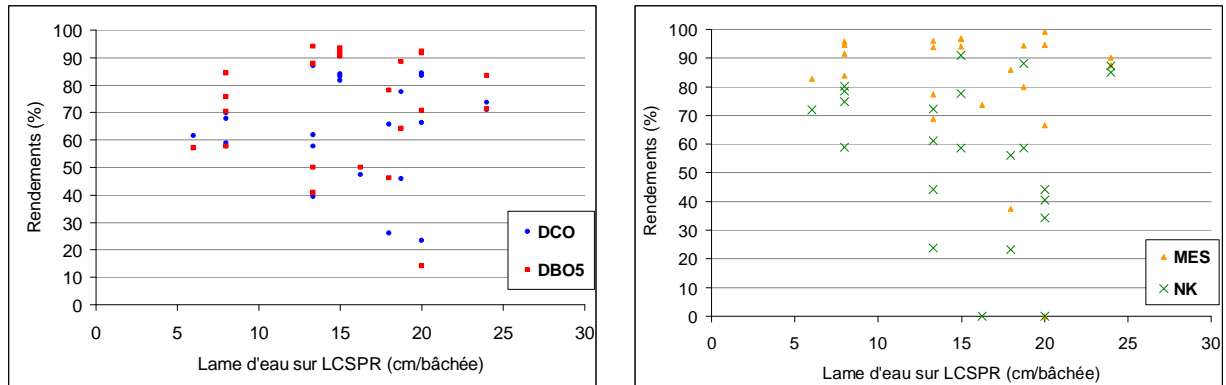


Figure 22 : Rendement des LCSPR (%) en fonction de la lame d'eau apportée par bâchée (cm/j)

Compte-tenu des différents facteurs pouvant influencer ces rendements (paramètres de gestion, comme on vient de le voir, mais aussi des facteurs externes comme la saison ou des facteurs liés à la conception ou l'âge du système), il est difficile de statuer. Des études plus précises mériteraient d'être réalisées pour améliorer davantage le système.

Dans la mesure où l'on sait que le fractionnement des bâchées a un impact positif sur les performances tant que le taux d'oxygène reste suffisant, on peut se poser la question de l'intérêt de réaliser des bâchées aussi importantes. Cela permettra de réduire les vitesses d'infiltration et d'éviter les courts-circuits hydrauliques, contribuant à améliorer la filtration des MES et les performances sur la partie dissoute. Cette réflexion sur l'adaptation des alimentations (volume des bâchées, nombre de lits alimentés, période de rotation) doit se faire en accord avec la conception des ouvrages, notamment des débits surfaciques d'alimentation pour avoir une accumulation homogène des boues à la surface des lits.

### V.5. Accumulation des boues

La répartition des boues sur la station de La Pacaudière (Figure 23) montre une certaine hétérogénéité. Dans ce cas, le débit surfacique d'alimentation est de 0.5 m/h.

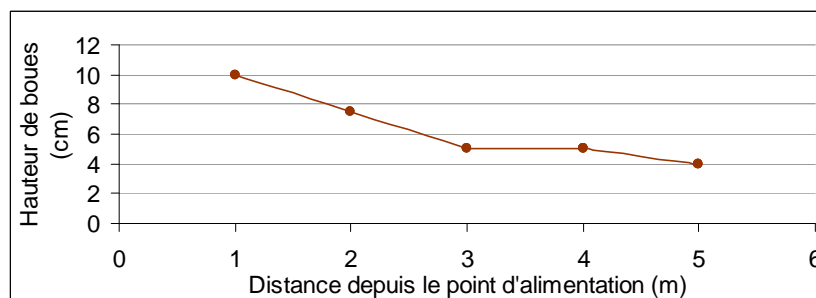


Figure 23 : Hauteur de boues depuis le point d'alimentation en avril 2011, sur un filtre en fonctionnement

La hauteur de boues est normalement supérieure proche du point d'alimentation, ce qui contribue à augmenter le risque de courts-circuits hydraulique. L'effluent a tendance à suivre la pente de la boue pour ne s'infiltrer majoritairement que loin du point d'alimentation.

La donnée d'accumulation annuelle des boues n'est pas évidente compte tenu de l'hétérogénéité de leur répartition. Les données collectées semblent indiquer une accumulation de l'ordre de 3 cm/an pour des charges < 130 gMES/m<sup>2</sup>/j (Figure 24 et Tableau 13) :

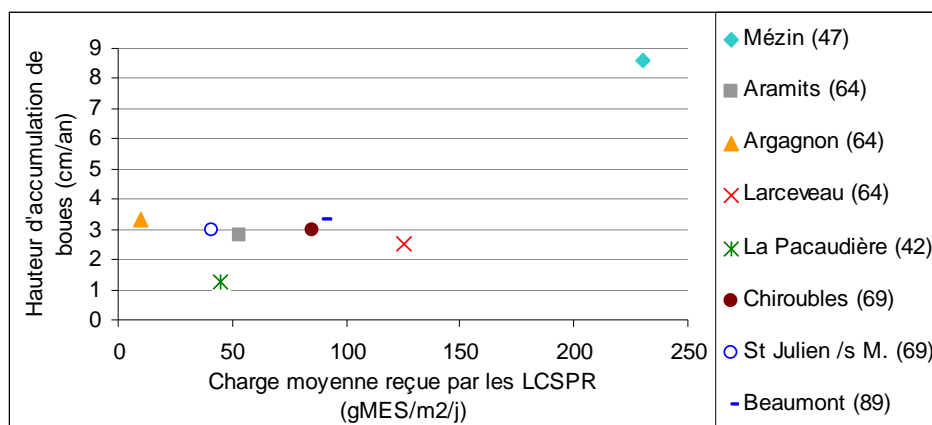


Figure 24 : Hauteurs de boues sur différentes stations, selon la charge moyenne en MES reçue

Accumulation de boues					
Station	Nb d'années écoulées	Charge organique moyenne reçue par la station (%)	Charge organique moyenne en MES reçue par LCSPR (g/m <sup>2</sup> /j)	Hauteur de boues (cm)	Vitesse d'accumulation de boues (cm/an)
Mézin (47)	7	76	230	60	8,6
Aramits (64)	6	110	53	17	2,8
Argagnon (64)	3	20	10	10	3,3
Larceveau (64)	10	70	125	25	2,5
La Pacaudière (42)	11	40	45	14	1,3
Chiroubles (69)	2	117	85	6	3,0
St Julien /s M. (69)	1	27	41	3	3,0
Beaumont (89)	6	40	90	20	3,3

Tableau 13 : Accumulation des boues sur différentes stations

On note toutefois que les données présentées ci-dessus ne tiennent pas compte de l'historique des charges reçues par chaque station, ces éléments étant difficiles à estimer.

Les boues prélevées sur la station de La Pacaudière (42), et observées par d'autres SATESE sur des stations Rhizopur sans dysfonctionnement apparent, présentent une bonne structure, une minéralisation et une siccité correcte (semblable aux FPR classiques, Figure 25).

La vitesse de croissance de la hauteur de boues annoncée par le constructeur est de 20 cm/an. Elle semble moindre en réalité (bonne minéralisation), et à comparer aux relatives faibles charges organiques reçues par les stations Rhizopur étudiées.



*Figure 25 : Photo de boues prélevées et homogénéisées sur la station de La Pacaudière (42) en août 2011  
(photo Irstea)*

## VI. CONSOMMATION ENERGETIQUE

La consommation électrique constatée au cours de cette étude est de l'ordre de 1 kWh/m<sup>3</sup> d'eau traitée et 8 kWh/kg DBO<sub>5</sub> éliminée en moyenne. Cette consommation peut cependant être très élevée lorsque le taux de charge hydraulique est nettement supérieur au taux de charge organique (effluent dilué, réseau unitaire et épisode pluvieux, etc.) :

- la consommation par kg de DBO<sub>5</sub> éliminée sera impactée lors d'un effluent dilué en raison d'une consommation liée à la recirculation (hydraulique) et de faibles rendements liés à des concentrations d'entrée basses ;
- la consommation par m<sup>3</sup> d'eau traitée est impactée par la charge hydraulique du système. Une faible charge hydraulique engendrera une forte consommation par un taux de recirculation élevé.

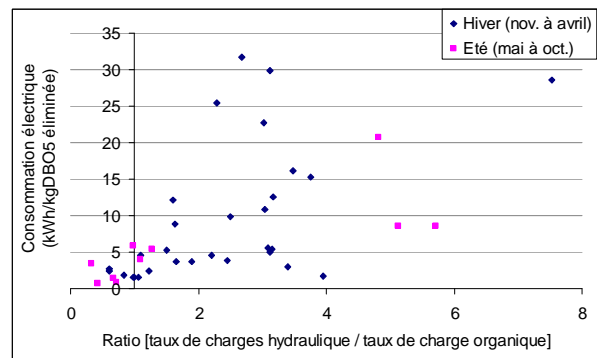
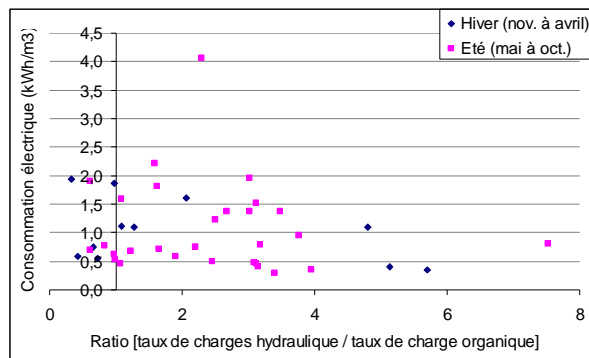


Figure 26 : Consommation électrique selon le ratio de taux de charge hydraulique et organique en entrée station

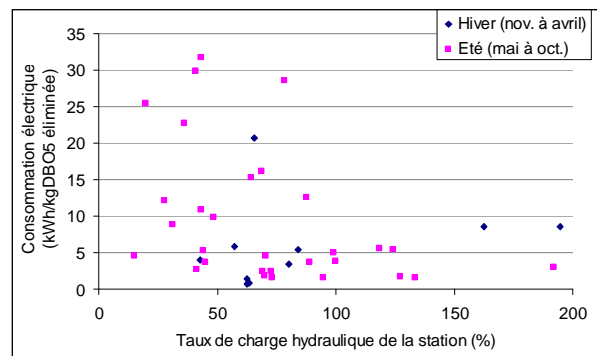
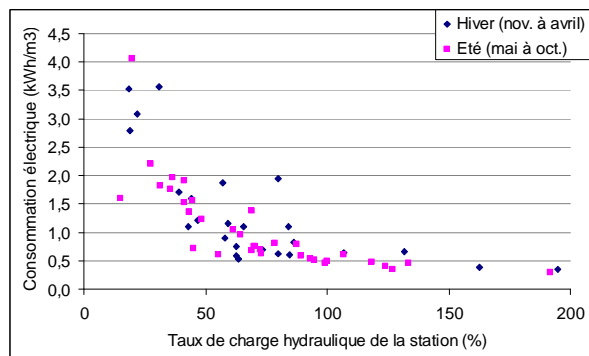


Figure 27 : Consommation électrique selon le taux de charge hydraulique entrée station

Les Figure 26 et Figure 27 montrent également que la saison hivernale n'a pas d'impact visible sur la consommation électrique, tel qu'on pourrait le supposer (radiateur de chauffage du local technique par exemple).

Ainsi, lorsque les stations sont à charge nominale (en hydraulique), la consommation électrique est proche de 0.5 kWh/m<sup>3</sup> d'eau traitée.

La consommation énergétique indicative est de 2 à 5 kWh/kg DBO<sub>5</sub> éliminée pour un effluent normalement concentré. Ce seuil est dépassé dans plus de 50 % des bilans en raison de surcharges hydrauliques (eaux claires parasites, temps de pluie) :

<b>Consommation énergétique</b>	kWh/m <sup>3</sup>	kWh/kg DBO <sub>5</sub> éliminée
min	0,2	0,7
Max	4,1	31,7
<b>Moy</b>	<b>1,2</b>	<b>8,6</b>
Médiane	0,8	5,2
Ecart-type	0,8	8,6
Nb de valeurs	61	41
Nb de valeurs > 2 kWh/kg DBO <sub>5</sub> éliminée	-	33
<b>% de valeurs &gt; 2 kWh/kg DBO<sub>5</sub> éliminée</b>	-	<b>81 %</b>
Nb de valeurs > 5 kWh/kg DBO <sub>5</sub> éliminée	-	22
<b>% de valeurs &gt; 5 kWh/kg DBO<sub>5</sub> éliminée</b>	-	<b>54 %</b>

Tableau 14 : Consommation électrique

A titre de comparaison, une petite boue activée en aération prolongée présente une consommation d'au moins 0.6 kWh/m<sup>3</sup> d'eau traitée et supérieure à 2 kWh/kg DBO<sub>5</sub> éliminée (FNDAE n°22<sup>4</sup> avec une station de 400 EH pour exemple).

De même, une station de type filtres plantés de roseaux classique (500 EH, 2 postes de refoulement) consommerait au maximum 2700 kWh/an, soit au maximum environ 0.1 kWh/m<sup>3</sup> (avec : station chargée à 100 %, coûts de valorisation agricole des boues compris) selon l'ARPE<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> FNDAE 22 (1998) Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, Document Technique, 96 p.

<sup>5</sup> ARPE (2012) Les filtres plantés de roseaux en Provence-Alpes-Côte d'Azur, Dossier Technique n°1, 8 p.

## VII. DIMENSIONNEMENT – CONSTRUCTION

Voici quelques remarques/recommandations suite aux bilans effectués sur la station de La Pacaudière (42), et relevées dans les rapports des bilans 24h des SATESE :

- Bien gérer les temps de pluie lorsque la station est située en aval de réseaux unitaires : les performances et la pérennité du système (LCSPR principalement) seront fortement compromises. On note, sur plusieurs stations, des retours indiquant un flaquage prolongé des lits lors de surcharges hydrauliques, pour certaines, lorsque supérieur aux valeurs de dimensionnement.
- Sur le LB, la rotation par automatisme est performante : l'exploitation (nettoyage des buses) est simple, et le système est plus sécuritaire qu'un bras rotatif.
- Etant donnée la quantité importante de sable transitant dans les réseaux, il est judicieux de prévoir systématiquement un dessableur en tête de station lorsque le réseau le nécessite.
- Même en cas de by-pass, les eaux transitant dans la station devraient être comptabilisées en totalité : cela est conseillé pour les stations de capacité > 2000 EH (en volume by-passé) et obligatoire pour celles > 2000 EH (en temps de by-pass)<sup>6</sup>. Il est donc important de diriger le by-pass vers ce canal de comptage de sortie et non vers le milieu récepteur directement. De plus, la question d'appliquer le by-pass en aval du LB plutôt qu'en entrée station, afin d'assurer un traitement minimal de l'effluent présente un intérêt et mérite d'être étudiée, la pérennité du fonctionnement du LB n'étant pas remise en cause par de fortes surcharges hydrauliques.
- Une importante quantité de boues a été remarquée dans la bêche de recirculation, sous le lit bactérien. Les recommandations sont les suivantes :
  - instaurer une pente du fond de ce poste en direction des pompes, ou un agitateur dont la mise en marche serait simultanée aux pompes ;
  - faire réaliser une vidange de ces boues 1 à 2 fois par an (ou envoi sur LCSPR).
- La lame d'eau envoyée sur les LCSPR est très variable selon les stations : de 5 à 25 cm/j. Il est important de réduire la lame d'eau journalière à 10 cm maximum afin de fractionner les bâchées (et diminution du volume de bâchée déversée) afin de limiter les vitesses d'infiltration et les courts-circuits au sein des massifs filtrants.

---

<sup>6</sup> Déversoir d'orage (DO) en tête de station : point réglementaire A2. Fiche I.7 du commentaire technique de l'Arrêté du 22 juin 2007 :

- CBPO de 12 à 120 kgDBO<sub>5</sub>/j : selon l'Arr. du 22/06/2007 pas d'obligation d'équipement sur le DO, mais fiche I.7 qui préconise l'installation d'un dispositif de mesure de temps de déversement non obligatoire mais améliorant la connaissance du fonctionnement du réseau.
- CBPO > 120 kgDBO<sub>5</sub>/j : objectif prioritaire des Services de Police de l'Eau (circulaire du 12/02/2008) de faire équiper les DO de moyens de mesure ou d'évaluation (CBPO de 120 à 600 kgDBO<sub>5</sub>/j : estimation des débits ; CBPO > 600 kgDBO<sub>5</sub>/j : dispositif de mesure de débits).

## VIII. CONCLUSIONS

Le procédé Rhizopur est globalement performant, avec de bons rendements tels que l'on peut s'y attendre pour ce type d'association de procédé (LB + LCSPR) : 85 % en DCO (écart-type : 12), 94 % en DBO<sub>5</sub> (e-t. : 8) et 90 % en MES (e-t. : 16). Les performances de nitrification varient selon les objectifs de rejet, mais dans tous les cas elle n'est pas négligeable (> 70 %).

Les performances sur la DCO et les MES sont impactées par les surcharges hydrauliques : en toute logique et quel que soit le procédé étudié, les rendements sont plus faibles et plus variables lorsque les effluents sont dilués sans que les niveaux de rejet en soient affectés.

On note seulement quelques dépassements du niveau de sortie. Ces derniers concernent moins de 3 % des données recueillies en DCO et DBO<sub>5</sub> et 7 % des données de MES. En cas d'arrêté préfectoral imposé sur le paramètre NK (nitrification), on ne relève que de rares dépassements des seuils de rejets. Ces dépassements sont majoritairement observés en hiver ou en cas de surcharges organiques (fortes concentrations d'entrée brute), mais sans pour autant qu'un lien ait pu être mis en évidence avec la saison, l'âge de la station, les charges reçues, la hauteur de boues sur les LCSPR, etc. Plus généralement, des suppléments d'informations seraient nécessaires pour expliquer les dysfonctionnements relevés sur quelques stations.

Lorsque qu'un module de déphosphatation est implanté, l'élimination du P est efficace. On relève toutefois que, malgré l'arrêté préfectoral sur le paramètre Pt, quelques stations présentent une déphosphatation inopérante. Cette dernière est très couramment due à un défaut d'exploitation, souvent délicate pour les petites collectivités (approvisionnement en FeCl<sub>3</sub>, réglage de la pompe doseuse). Des données supplémentaires seraient nécessaires pour bien fixer le niveau minimal de concentration en P garantissable par le procédé.

Le LB présente de bonnes performances, mais ces dernières sont variables : 65 % de rendement sur la DCO dissoute (écart-type : 24), 79 % sur la DBO<sub>5</sub> (e-t. : 19). L'acceptation du temps de pluie sur cet ouvrage est plutôt bonne. En termes de nitrification, le surdimensionnement du LB annoncé par le constructeur en cas de contrainte imposée par arrêté préfectoral sur le paramètre NK est masqué par d'autres facteurs impactant le dimensionnement (fractionnement particulière dissous de l'eau d'entrée, présence d'eaux claires parasites, concentrations d'entrée, température). L'augmentation du volume du lit bactérien semble toutefois permettre de limiter la variabilité de la nitrification. Les charges maximales de 80 et 40 gNK/m<sup>3</sup>/j issues de l'état de l'art des lits bactériens semblent cohérentes pour respecter une nitrification partielle et totale respectivement.

Les compléments de traitement sur les paramètres DCO<sub>brute</sub>, DBO<sub>5</sub> et NK apportés par les LCSPR sont notables (rendements ≥ 60 %). La rétention des MES est correcte, mais variable (rendements de 80 %, e-t. : 20).

Deux points pourraient être perfectionnés pour améliorer la filière :

- la filtration des MES : la filtration des LCSPR semble correcte sur l'échantillon de données analysé, mais peut se montrer ponctuellement insuffisante.
- la nitrification : cette dernière est très variable, et le rendement des stations avec arrêté préfectoral n'est pas supérieur aux autres. La nitrification n'est pas négligeable



sur les LCSPR, mais la variabilité des résultats indique qu'elle pourrait être améliorée pour sécuriser la filière.

Concernant l'amélioration de la rétention des MES, les pistes d'actions sur les LCSPR, selon l'atelier EPNAC, sont les suivantes :

- matériau : la couche de sable peut être augmentée au moins à 10 cm au lieu de 5 cm pour éviter de potentiels passages préférentiels.
- le nombre de lits alimentés : un seul LCSPR pourrait être alimenté tandis que les autres seraient au repos (pas de fonctionnement des lits 2 à 2), afin d'assurer une bonne récupération du niveau en oxygène à l'intérieur du filtre en période de repos.
- gestion de la rotation des filtres : la durée d'alimentation du filtre peut être raccourcie à 3.5 jours (au lieu d'une semaine constatée). Par ailleurs, pour permettre une continuité des rotations lorsqu'un lit est au repos avant curage (repos de 1 à 3 mois), des études plus fines mériteraient d'être menées pour déterminer si la présence de 4 LCSPR est préférable ou non.
- la gestion de la fréquence des bâchées : une lame d'eau plus faible (< 10 cm/bâchée) induirait un nombre de bâchées plus important dans la journée, permettant de réduire les vitesses d'infiltration et de minimiser les courts-circuits hydrauliques (dans la limite d'une bonne répartition des effluents sur les LCSPR et d'une bonne oxygénation).

Le rôle principal attribué aux LCSPR par le constructeur est la filtration des MES. Toutefois, les performances de nitrification étant très variables sur le LB et n'étant pas négligeables sur ces lits plantés, il peut être intéressant de perfectionner la nitrification sur les LCSPR. Les pistes d'amélioration vont dans le même sens que celle de la filtration des MES, tant que suffisamment d'oxygène est disponible au sein du massif filtrant.

Ces différentes voies de fiabilisation mériteraient d'être étudiées et appuyées par des mesures précises (traçages, mesures de gaz, analyses en continu...).

## ***Annexes***

**1 / Liste des stations Rhizopur (2012)**

**2 / Données utilisées pour la présente étude**

**3 / Performances du LB (charges en g/m<sup>3</sup>/j)**

## 1 / LISTE DES STATIONS RHIZOPUR (2012)

Nombre de départements différents : 28  
Nombre de stations Rhizopur en France : 63  
Nombre total de stations Rhizopur : 68

Station	Dpt	Pays	Mise en service	Capacité (EH)
Jayat	1	France	2009	800
St Vulbas	1	France	2006	510
Montbeugny	3	France	2007	750
Peipin	4	France	2009	3000
Cruejols	12	France	2006	250
Durenque	12	France	2005	700
Palmas	12	France	2005	450
St Beauzely	12	France	2004	600
St Laurent d'Olt	12	France	2005	800
Vimenet	12	France	2005	190
Malain	21	France	2003	1000
Precy sous Thil	21	France	2006	1200
Amondans	25	France	2002	200
Vellefans	25	France	2003	250
Bourg St Bernard	31	France	2009	550
Le Fauga	31	France	2004	1900
Merville	31	France	2005	200
Bas-Adour	32	France	2002	450
Abzac	33	France	2000	250
CNPE du Blayais EDF	33	France	2003	2500
St Sulpice sur Cameyrac	33	France	2001	1000
Angoume	40	France	2000	180
Biaudos	40	France	2005	450
Pey	40	France	2004	180
Ambierle	42	France	2003	860
La Pacaudière	42	France	2004	1000
Montverdun	42	France	2005	1000
Mezin	47	France	2003	1700
Les Vignes	48	France	2006	1100
Les Forges	49	France	2005	1000
Goncourt	52	France	2003	400
Fours	58	France	2003	550
Busigny Marez	59	France	2005	200
Ardes sur Couze	63	France	2002	800
Orsonnette	63	France	2002	340
St Julien de Coppel	63	France	2006	900
Aramits	64	France	2005	630
Argagnon	64	France	2007	550
Armendarits	64	France	2007	180
Aydius	64	France	2001	250
Bidarray	64	France	2007	600
Lahontan	64	France	2005	450
Larceveau	64	France	2001	400

Lescun	64	France	2001	300
Louhossoa	64	France	2000	450
Oloron-Ste-Marie	64	France	2006	700
Montastruc	65	France	2004	400
St Pe de Bigorre	65	France	2004	1900
Chiroubles	69	France	2009	500
St Julien en Beaujeolais	69	France	2009	1100
St Just d'Avray	69	France	2009	600
St Colomban des Villards	73	France	2006	3000
Buthiers	77	France	2004	1200
Mauperthuis	77	France	2004	500
St Martin la Garenne	78	France	2008	600
Herisson	79	France	2000	150
Neuvy-Bouin	79	France	1999	150
Bout du Pont de l'Arn	81	France	2007	1800
Les Beaumettes	84	France	2001	250
Beaumont	89	France	2004	700
Cheu	89	France	2003	500
Sacy	89	France	2001	400
Savigny sur Clairis	89	France	2000	1000
Tavertet	-	Espagne	2009	420
Lierna	-	Italie	2005	250
Pieve a Maiano	-	Italie	2006	500
Civitella	-	Italie	2008	500
Aguas do Mondego	-	Portugal	2008	750

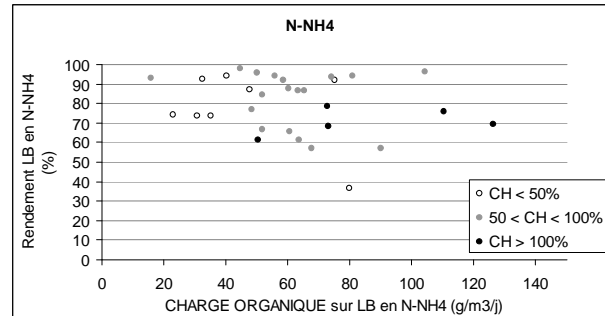
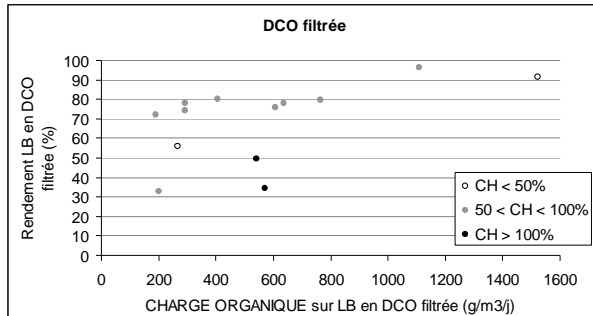
## 2 / DONNEES UTILISEES POUR LA PRESENTE ETUDE

Station	Date	Q m3/j	CH %	CO %	ENTREE station = BRUT (mg/L)							SORTIE LB (mg/L)							SORTIE LCSPP (mg/L)								
					DCO	DBO5	MES	NNH4	NK	NNO3	Pt	DCO	DBO5	MES	NNH4	NK	NNO3	Pt	DCO	DBO5	MES	NNH4	NK	NNO3	Pt		
Jayat	19/05/2011	35	29	23	684	240	228	106,37	125	0,23	12,2						38	3	13	0,78	4,1	54,2	6				
	13/09/2011	131	110	55	431	210	94	105,94	107,6	0,23	8,5						59	3	152	0,78	3,7	25,5	7,1				
	20/12/2011	325	271														30	3	3	0,78	3	8,4	1,5				
St Laurent d'Ol	18/07/2006	53	44	29	551	142	283				57,8					82	12	11			3,9	27,5	5,3				
Palmas	25/05/2007	10	15	14	730	360	260	80	100	0,2	13,2						80	8	11	2	4,9	17,3	5,6				
Malain	17/03/2008	69	46	61	1054	333	544	115	148,1	0,07	18,3						36	3	6	0,79	2,5	20,3	3,3				
	19/11/2008	60	40	54	906	576	484	90,4	119,1	0,2	13,1						80	5	5	1	3,2	18,4	3,24				
	03/02/2009	84	56	14	186	41	132	15,1	17,8	4,1	7,4						63	3	6	1,9	2,3	15,1	1,3				
	26/04/2009	149	99	67	544	236	204	33,3	58,29	0,12	9,17						26	3	5	0,33	1,6	11,5	2,54				
	25/11/2010	126	84	66	588	210	348	59,1	63,4	2,7	8,51			226	46	116	25,3	29,5	69,6	6,74							
																	47	6	6	26,8	29,3	126,1	4,4				
Le Fauga	21/01/2006	114	40	45	921	354	374				99						55	4	4			5,0					
	30/05/2007	178	62	47	553	248	302				73						50	5	6			6					
Ambierle	25/10/2005	64	49	40	700	300	190	51,5	71,2	0,2	11,2						57	3	2	0,6	2,6	32,2	9,2				
	05/08/2008	166	127	32	251		120	24,2	40,2		4,8			170		100	7,7	14,5	14	4,6			8,9	9,5			
La Pacaudière	28/06/2007	196	131	8	47	8	39	7,4	11,2	1,6	1,9						30	3	4	0,4	2,1	13,6	1,96				
	08/11/2007	184	123	109	641	250	413	34,7	58	0,1	8,8						55	4	4	3,1	5,6	19,6	4,7				
	21/04/2008	299	199	20	60	24	64	10,7	16,4	1,7	2,3						35	3	16	0,2	2	10,1	2,7				
	16/09/2008	213	142	43	262	93	90	24,3	36	0,3	6,13						38	4	20	0,5	3,5	21,6	4,05				
	23/07/2009	327	218	127	378	140	338	26,8	38	0,3	6,9						30	3	3	0,5	1,7	12,8	3,97				
	07/10/2009	126	84	44	445	190	140	39	49	0,3	8,1						56	4	6	1,2	3,2	34,7	3,6				
	17/05/2010	240	160	34	146	44	124	17,7	27	0,3	3,77						39	3	2	0,5	2	17,5	14,4				
	05/04/2011	292	195	34	155	49	53	17,3	23,9	1,05	2,85			133,5	28,5	86,5	5,3	11,05	10,4	2,425	55	8,4	7,3	0,72	2,8	15	3,05
	06/04/2011	244	163	32	175	51	60	18,1	24,9	0,45	3,35			152,5	34	111	4,375	10,65	10,8	3,925	46	5,3	4,6	0,44	2,3	14,3	3,35
	09/08/2011	97	65	17	214	81	95	26,1	36,6	0,45	4,1			165	45	93	3,55	9,5	18,05	4,175	70	19	15	1,05	3,3	20,4	4,65
	10/08/2011	73	48	19	352	132	102	41,4	56,5	0,45	4,95			149,5	33	74	3,3	9,05	39,1	6,125	48	8	4	0,14	1,8	33,5	5,1
	Mezin	01/03/2004	325	127	111	602	440	239										89	17	26							
08/06/2004		298	117	103	810	195	285	42,6	63,5	0,02	20						64	6	12,8	9,9	11,7	4,1	12,9				
01/03/2005		279	109	84	620	300	210										81	14	13								
01/10/2005		145	57	60	970	360	210										63	4	11								
01/03/2006		239	94	75	612	190	370										51	3	5,3								
28/06/2006		176	69	56	645	285	265	50	61,9		9,4			360	75	296	7,9	25	6	11,4	61	7	10	3,8	5,6	8,2	7,9
01/10/2006		169	66	63	848	300	240										70	5	9,7								
28/06/2007		181	71	61	690	303	275	47	70,3		1,2			295	50	223	2,1	21,3	6,3	11,4	54	4	7	2,7	8,8	8,7	6,9
28/06/2011		186	73	75	762	413	330	53,5	78,4	0	9,68			480	187	333	4,2	32,8	21,3	10,84	77	12	20	0,5	3	38,5	8,54
Goncourt		26/04/2007	33	57	58	846	334	319				88,5						65	15	11	8,6	13	14,9	5,7			
	24/07/2008	32	56	34	535	230	120				89,9						49	4	4	3,1	4,7	25,3	5,1				
	30/04/2009	37	65	62	710	310	370				90						59	11	6	5,6	8,2	27,1	1,6				
	27/05/2010	11	20	9	370	170	100				75						71	5	19	15,6	20	6,55	6,9				
	22/07/2010	46	81	52	535	200	210				77						97	11	32	12	14	9,3	2,9				
Busigny-Maret	09/02/2009	23			123	36	218	3,6	5,6		1,1						39	20	22	12,8	14,5	1,9	3				
	19/05/2009	23			951	532	230	68,7	74,8		5,7						146	41	50	38,2	39,6	0,2	5,8				
	17/09/2009	23			379	209	112	55,7	58,9		4,3						55	9	12	3,8	4,7	24,4	2,8				
	25/11/2009	23			220	68	78	20,9	23,7		2,3						72	10	12	4,7	6,2	21,8	1,8				
Ardes sur Cou.	12/07/2007	105	88	28	284	68	110	29	39	0,1	4,2						50	6	37	0,19	2,5	31	3,8				
	20/08/2008	149	124	39	290	80	95	22	31	0,1	4,6						66	6	10	0,56	3,4	27	4,6				
	10/08/2009	120	100	41	318	140	140	27,8	38,4	0,1	5,21						51	10	26	0,78	2,79	26	4,5				
	19/08/2010	107	89	47	402	170	200	28	43,2	0,1	5,9						74	14	9	1,01	4,54	29	5,35				
	03/08/2011	119	99	32	285	100	86	32,5	43	0,6	4,9			205	28	110	7,57	17,5	15	5,67	111	10	22	2,66	7,24	32	5
	31/07/2012	54	45	27	498	200	190	45,4	63,4	0,6	7,92			199	43	76	11,9	19,2	36	8,7	45	5	4,3	0,78	2,3	51	6,15
	Orsonnette	02/05/2007	13	25	10	345	103	110	60	74	0,1	8,8						52	6	14	1,3	3,3	17	5			
		03/05/2007	15	29	11	328	131	79	67	77	0,1	10						61	6	34	1,7	4,2	58	7,7			
		07/05/2007	40	78	10	119	31	45	17	22	0,1	2,8						70	3	100	1,8	4,4	23	5,2			
20/08/2008		21	41	13	280	61	130	40	50	0,1	6,3						77	10	20	3,7	7,8	33	4,8				
05/08/2009		36	71	32	402	170	92	64,8	77,9	0,1	11						38	4	8	0,78	2,9	64	6,75				
10/08/2010		22	43	14	284	130	70	49	63	0,1	7,23						42	4	6,8	0,78	2,24	50	5,9				
02/08/2011		16	31	19	522	210	170	76,7	95,2	0,6	10,6			168	30	64	20,3	31,2	47	9,78	44	5	8	0,23	4	65	6,74
11/07/2012		22	43	16	342	55	150	62,4	79,9	0,6	9			315	42	270		36,9			91	12	27	2,77	5,54	43	6,4
St Julien de Co		03/08/2009	92	68	16	179	65	90	5,35	33,6																	

Station	Date	O m3/j	CH %	CO %	ENTREEE station = BRUT (mg/L)							SORTIE LB (mg/L)							SORTIE LCSPR (mg/L)						
					DCO	DBO5	MES	NNH4	NK	NNO3	Pt	DCO	DBO5	MES	NNH4	NK	NNO3	Pt	DCO	DBO5	MES	NNH4	NK	NNO3	Pt
Aydius	11/08/2010	72	192	56	203	99	129	14	26,1		3	51	7	34	5,4	8,9	2,94	1,6	39	5	13	3,1	4,6	18,7	1,4
	18/10/2010	23	61									63	13	22	3	6,9	10,7	2,2	36	6	16	2,2	4	13,5	2,3
	12/05/2011	40	107									191	41	118	1,8	9,7	3,7	2,4	30	7	20	1	3,1	8,6	1,4
	20/03/2012	49	132									121	51	41	6,8	12,2	1,05	2,62	37	12	14	3,2	6,2	5,9	2,07
Bidarray	08/02/2011	17	19									181	89	60	15	23,1	31,8	8,2	93	11	11	8,8	11,9	30	7,9
	02/08/2011	32	36									188	29	33	1	24,8	29,5	9,3	129	13	13	19,8	26,1	1,23	11
Larceveau	22/06/2010	42	70	84	909	420	424	57,3	79,6		8	307	52	226	7,1	23,1	16	7,2	40	3	9	4,8	6,4	9,26	4,1
	03/02/2011	28	47									255	74	119	20,6	40,7	6,8	8	97	9	7,5	14,3	15,8	22,8	4,9
	07/06/2011	218	363									112	27	64	12,2	18,6	1,12	3,76	68	16	20	10,5	14,2	2,37	4,1
	13/12/2011	44	73									172	40	71	10,9	18,3	14,4	7	73	20	16	7,6	10,2	12,8	6
Louhossoa	24/06/2010	64	95	95	848	340	288	63,3	89,6		10,6	209	21	94	8,6	19	26,7	8,9	87	4	26	13,8	18,4	8,8	10,1
	16/03/2010	54	80									124	31	100	26,3	41	13,3	10,9	123	9	34	16,9	24,6	2,3	13
	22/03/2011	57	85									209	42	108	14,1	24,1	30,9	8,1	67	5	20	7,2	11	20	8,6
	19/07/2011	90	133	125	739	311	327	50,1	71,3		7,9	387	100	235	10,7	33	16,2	9,34	105	15	23	8,9	13,3	21,7	7,9
Oloron Ste Ma	20/04/2009	69	66	14	184	66	55	11,6	18,1		3,3	30	4	11	0,8	3	5,7	4,2	89	13	51	0,8	4,8	4,1	3,8
	19/09/2011	29	28	17	584	190	147	82,3	95,6		10	175	27	87	10,5	18,8	46,2	9,32	80	8	18	2,3	6,4	61,9	11,1
	08/03/2011	23	22									220	40	70	5,2	14,3	16,7	15,1	76	6	8,9	1	3,7	21,2	11,8
	15/12/2011	20	19									220	32	54	11,8	19,1	42,5	11,8	71	13	14	3,2	6,8	53,3	6,8
Lahontans	30/06/2011	63	93									67	6	20	1,8	4,4	21	2,2	34	3	2,9	1,4	2,4	16,1	1,9
	29/11/2011	39	58									65	13	28	5,7	8,3	21,8	2,7	30	3	2	1,1	1,7	25,6	2,3
Armentarits	25/01/2011	8	31									173	54	32	37	44,1	6,5	7	128	29	20	26,9	33,9	8,8	6,7
	03/11/2011	11	39									247	50	114	20	33,2	9,9	7,7	85	11	16	9,7	14,6	21,9	7,95
Chiroubles	27/09/2010	26	35	87	2070	1050	580	32	66,6	0,23	9,8								38	3	3	0,78	3	7,23	2,2
	28/09/2010	28	37	85	2000	1080	258	31	49,5	0,23	6,6								43	3	2	0,78	3	6,65	2,7
	29/09/2010	22	29	63	1710	1050	440	32,5	54,1	0,23	8,3								44	3	2	0,78	3	4,06	2,8
	30/09/2010	23	30	102	2800	1720	480	26,2	77	0,23	9,1								41	3	3,6	0,78	3	4,06	3,1
	02/09/2011	45	60	109	1590	880	202	49,9	68,5	0,23	8,6								45	3	2	0,78	3	30,48	4,4
	12/09/2011	28	37	124	3100	1650	116	41,4	59,6	0,23	9,5								55	3	7,6	0,78	3,1	5,65	3,3
	27/10/2011	31	41	68	1400	690	320	42	1	6,6									30	3	2	1,5	2	18	4,6
	24/04/2012	46	62	32	390	220	140	21	0,5	4,3									49	3	3	0,7	2	22	
St Julien sous	19/08/2010	110	67	26	282	110	172	27,2	38,1	0,23	4,7								35	3	5	0,78	3	31,6	3,2
	15/10/2010	145	88	16	138	55	73	17,7	32,1	0,23	3,1								30	3	5	0,78	3,8	20,8	0,7
	26/07/2011	137	83	46	420	180	216	45,7	61,6	0,23	7,3	104	8	82	1,7	7,8	24,39	4,7	30	3	5,2	0,78	3	30	2
	27/07/2011	120	73	18	223	73	65	28	34	0,23	3,6	104	5	75	1,7	5,5	28,23	4,5	30	3	3,2	0,78	3	32,97	2,2
	28/07/2011	105	64	26	370	110	110	42,3	52,6	0,23	6,3	104	7	70	2,7	7,5	30,71	5	30	3	3,6	0,78	9	36,35	2,6
	01/08/2011	96	58	29	385	160	184	50,6	60,4	0,23	6,3	51	3	16	3,1	4,8	34,55	4,3	36	3	14	1,3	3	49,7	2,3
	05/12/2011	97	59	44	460	260	386	23	35,4	0,23	5,8								30	3	2	1,7	3	26,4	1,1
	07/03/2012	138	84	47	454	170	208	44,4	65	0,23	6,8								30	3	7,6	0,78	3	24,6	0,7
St Pe de Bigon	18/05/2010	117	41	38	760	290	319												83	7	14				
Saint Colomba	28/04/2010	84	19	4	141	43	100		22,8		3,03								35	7	4,8		5,12	2,61	
	12/06/2010	110	24	7	227	75	120		31,6		3,72								30	4	4		7,28	1,59	
	17/06/2010	161	36	9	192	53	140		22,1		2,56								36	4	5,2		8,96	2,23	
	03/07/2010	91	20	5	176	55	120												67	13	35				
	11/07/2010	238	53	17	276	90	120												58	8	13				
	19/07/2010	133	30	12	346	96	170	50,4			5,69								84	18	17		23,1	4,43	
	31/07/2010	171	38	17	338	130	170												90	17	25				
	03/08/2010	181	40	20	426	130	160												105	18	42				
	13/08/2010	234	52	31	505	240	140	64,4			7,67								97	19	19		24,4	5,79	
	19/08/2010	189	42	25	467	180	220												95	13	23				
Mauperthuis	06/04/2009	31	41	47	858	420	404		101		12								103	8	12	4,5	8,5	17	0,8
Nevvy-Bouin	13/09/2000	7	31	47	1094	360	780	78,4	123,8	3,9	19,9								56	6	19	0,6	3,6	72,5	13,3
	19/09/2001	8	36	29	648	240	322	34,7	54,6	1,2	8,5								54	8	3	0,8	3,8	29,7	8,1
	23/10/2002	14	62	28	314	100	243	4,4	13,7	19,9	5,2								41	6	11	0,5	1,1	9,8	1,8
	02/06/2003	23	102	46	399	117	138	24,8	37,2	0,2	5,2								62	5	8	11,1	14,4	7,2	7,9
	12/02/2009	18	80	247	2138	730	1662		61,2	1,4	12,6								125	29	25		31,4	0,653	4,9
Les Forges	13/01/2010	28	19	16	582	233	451		26,8	1,3	4,9								30	3	4,2		2	9,4	0,93
	06/05/2010	11	7	4	46																				

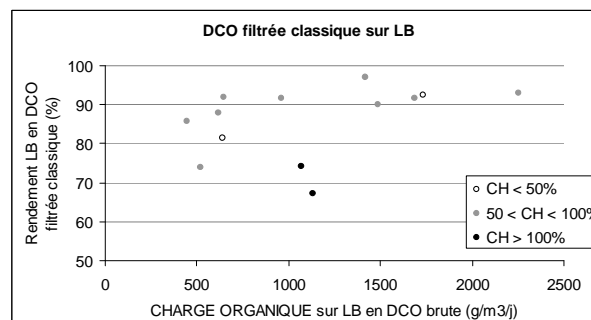
### 3 / PERFORMANCES DU LB (charges en g/m<sup>3</sup>/j)

**Représentation 1 : les MES n'ont pas d'impact sur les performances du LB et passent au travers du LB**



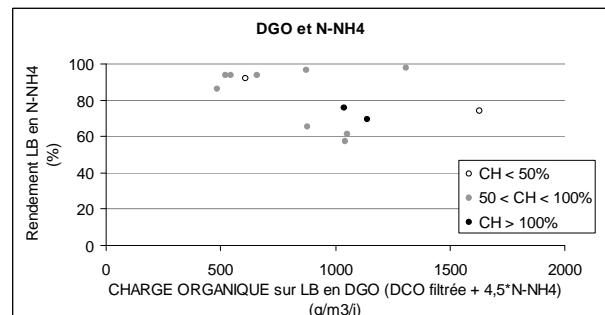
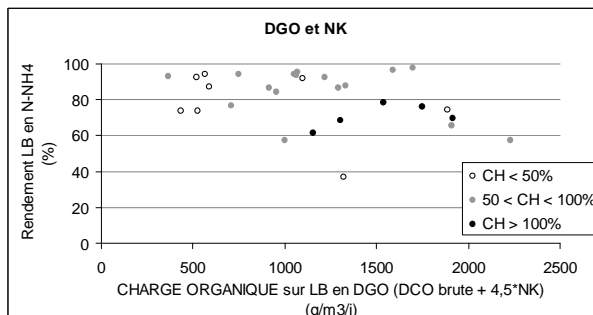
Rendements en DCO filtrée et NH4 du LB (%) en fonction du taux de charge organique en entrée LB (%) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station

**Représentation 2 : évaluation classique des LB, avec impact des MES**



Rendements classiques du LB (%) en fonction du taux de charge organique en entrée LB (%) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station

**Représentation 3 : les rendements sur la partie dissoute varient en fonction de la demande totale en O<sub>2</sub> (DGO)**



Rendements en NH4 du LB (%) en fonction du taux de charge organique en DGO en entrée LB (%) pour différentes gammes de charges hydrauliques entrée station



Partenariat 2012  
Domaine Ecotechnologie et Pollutions  
Action 50 - Sous-action 50-3  
Conception et exploitation des stations des petites et moyennes collectivités (EPNAC)



Onema  
Hall C – Le Nadar  
5 square Félix Nadar  
94300 Vincennes  
01 45 14 36 00  
[www.onema.fr](http://www.onema.fr)

Irstea – Centre de Lyon-Villeurbanne  
5, rue de la Doua  
CS 70077  
92626 Villeurbanne Cedex  
04 72 20 87 87  
[www.irstea.fr](http://www.irstea.fr)